

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту _____
(повна назва інституту)

Кафедра електропостачання _____
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 621.311.1:620.92

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ В.А. Попов
« ____ » _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

спеціалізації Енергетичний менеджмент та енергоефективність

на тему: «Підвищення енергетичної ефективності житлових приватних будинків згідно концепції «Пасивний будинок» »

Виконав: студент VI курсу, групи ОН-71мп

_____ Беспалий Олексій нато́лійович _____
(прізвище, ім'я по батькові) (підпис)

Науковий керівник к.т.н., доц. Дерев'я́нко Д.Г. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант нормоконтроль ас. Проко́пенко І.Д. _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра електропостачання
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективність»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.А. Попов
«__» _____ 20__р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Беспалий Олексій Анатолійович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації « Підвищення енергетичної ефективності житлових приватних будинків згідно концепції «пасивний будинок» »
науковий керівник дисертації к.т.н., доц.Дерев'янка Д.Г.

_____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «05» листопада 2018 р. № 4089-с

2. Строк подання студентом дисертації 10 грудня 2018 року

3. Об'єкт дослідження процес підвищення "пасивності" будівель на основі впровадження сучасних технологічних рішень доступних на ринку

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) _____

Особливості впровадження концепції «пасивного будинку», що сприяють підвищенню рівня енергетичної ефективності будівель на прикладі будинку за адресою м. Київ, вул. Садова 52, буд. 46

5. Перелік завдань, які потрібно розробити _____

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація – наочні матеріали за результатами дослідження (алгоритми розрахунків та діаграми).....

7. Орієнтовний перелік публікацій

1. Дерев'янка Д.Г., Ярмолюк О.С., Беспалий О.А. Особливості режимів функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів //

Електромеханічні і енергозберігаючі системи, 2018. – № 2 (42) – С. 61–68.
DOI: 10.30929/2072-2052.2018.2.42.61-67.

2. Дерев'янюк Д.Г., Ярмолюк О.С., Беспалий О.А. Особливості режимів функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів // Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика, 2018. – № 5 – С. 48–51.

3. Дерев'янюк Д.Г., Ярмолюк О.С., Беспалий О.А. Особливості режимів функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів. Міжнародна конференція // Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика. – Кременчук, 15 травня 2018 р

4. Беспалий О.А. Підвищуємо енергоефективність офісної будівлі шляхом енергоаудиту: практичний підхід // Журнал головного енергетика // Енергозбереження та енергоефективність // № 1-2– С. 53–61 01/02/2018

8. Консультанти розділів дисертації

Нормоконтроль _____ ас. Прокопенко І.Д. _____.

9. Дата видачі завдання 18 квітня 2018 року _____

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації | Строк виконання етапів МД | Примітка |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------|
| 1 | Загальна інформація про пасивний будинок | 18.4.18-18.6.18 | |
| 2 | Методи оцінки процесів споживання теплової та електричної енергії | 01.09.18-1.10.18 | |
| 3 | Методи підвищення ефективності функціонування споживання теплової та електричної енергії | 1.10.18-01.11.18 | |
| 6. | Розробка стартап проекту | 01.11.18-03.12.18 | |
| 7. | Оформлення дисертації | 03.12.18-07.12.18 | |
| 8. | Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування | 03.12.18-07.12.18 | |
| 9. | Передзахист МД | 10.12.18-12.12.18 | |
| 10. | Захист дисертації | 17.12.18-20.12.18 | |

Студент

_____ (підпис)

О.А. Беспалий

_____ (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

Д.Г. Дерев'янюк

_____ (ініціали, прізвище)

Реферат

Обсяг магістерської роботи 113 – аркушів, кількість рисунків – 51, таблиць – 48, додатків – 2.

Мета магістерської дисертації – Підвищення енергетичної ефективності житлових приватних будинків шляхом впровадження елементів концепції «Пасивного будинку». Формування концепції «Пасивного будинку», яка б підходила до більшості типів приватних домогосподарств в Україні.

Дисертація на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціалізації «Енергетичний менеджмент та енергоефективність» – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2018.

У дисертаційній роботі розроблено методологію оцінювання ефективності впровадження енергоефективних технологій для підвищення рівня «пасивності» приватних житлових будинків та вирішено поставлену оптимізаційну задачу зниження питомого споживання енергії житловим приватним будинком на 1 м² житлової площі.

Ключові слова: «Пасивний будинок», енергопотреба, енергоспоживання, питоме споживання, відновлювальні джерела енергії, тепловий насос, сонячний колектор, моделювання, математична модель, цільова функція.

Summary

The volume of master's work 113 - sheets, the number of drawings - 51, tables - 48, applications - 2.

The purpose of the master's thesis is to increase the energy efficiency of residential private homes by introducing elements of the concept of "Passive House". Formation of the concept of "passive house" that would fit most types of private households in Ukraine.

Thesis for a Master's degree in specialty 141 "Power engineering, electrical engineering and electromechanics" specialization "Energy management and energy efficiency" - National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky", Kyiv, 2018.

In dissertation work the methodology of estimation of efficiency of introduction of energy-efficient technologies for increase of level of "passivity" of private dwelling houses is developed and the optimization task of reducing specific energy consumption by a residential private house for 1 m² of living space has been solved.

Key words: passive house, energy demand, energy consumption, specific consumption, renewable energy sources, heat pump, solar collector, modeling, mathematical model, target function.

ЗМІСТ

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ..... | 8 |
| ВСТУП..... | 9 |
| <u>ХАРАКТЕРИСТИКА ПАСИВНИХ БУДИНКІВ</u> | 12 |
| <u>Особливості розвитку концепції «пасивного будинку»</u> | 12 |
| <u>Основні класи «пасивних будинків» згідно стандартів</u> | 15 |
| <u>1.3. Енергопасивне будівництво в Україні</u> | 17 |
| <u>1.4. Аналіз сучасних матеріалів для будівництва пасивного будинку</u> | 24 |
| <u>1.5. Аналіз режимів функціонування споживачів електричної енергії</u> | 29 |
| <u>1.6. Аналіз режимів функціонування споживачів теплової енергії</u> | 33 |
| <u>Висновки по розділу 1</u> | 36 |
| 2 МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИВАТНИМИ ЖИТЛОВИМИ БУДИНКАМИ..... | 38 |
| 2.1 Споживання електричної енергії житловим будинком | 38 |
| 2.2 Аналіз системи моніторингу споживання електроенергії побутовими споживачами..... | 42 |
| 2.3 Характеристика індивідуальної будови | 45 |
| 2.4 Теплотехнічний розрахунок будинку..... | 49 |
| 2.5 Розрахунок тепловтрат будинку | 53 |
| 2.6 Аналіз метеорологічних даних регіону | 54 |
| 2.7 Моделювання процесів споживання теплової енергії на опалення..... | 57 |
| 2.8 Моделювання процесів споживання електроенергії на потреби ГВП | 60 |
| 2.9 Визначення базової лінії споживання електричної енергії на потреби опалення та ГВП..... | 61 |
| Висновки по розділу 2 | 62 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 3 МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СПОЖИВАЧІВ ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ | 64 |
| 3.1 Загальний опис моделювання процесів енергоспоживання | 64 |
| 3.2 Теплонасосні технології на потреби опалення та ГВП | 67 |
| 3.3 Розрахунок сонячного колектора та визначення його ефективності..... | 73 |
| 3.4 Концепція геотермальної вентиляційної системи | 78 |
| 3.5 Фінансова оцінка запропонованих методів підвищення функціонування споживання теплової та електричної енергії | 80 |
| 3.6 Аналіз чутливості проекту..... | 86 |
| Висновок по розділу 3..... | 90 |
| 4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ..... | 91 |
| 4.1 Мета та завдання розділу | 91 |
| 4.3 Технологічний аудит ідеї проекту..... | 95 |
| 4.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту | 96 |
| 4.5 Розроблення ринкової стратегії проекту..... | 103 |
| 4.6 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту | 106 |
| Висновки по розділу 4 | 110 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | Ошибка! Закладка не определена. |
| Додатки | Ошибка! Закладка не определена. |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ЄС – Європейський Союз

ВДЕ – відновлювальні джерела енергії

ДБН – Державні будівельні норми

ДСТУ – Державний стандарт України

ЗУ – закон України

ISO – International Organization for Standardization

НДІБК – Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій

ТН – тепловий насос

ГВП – гаряче водопостачання

ПОЗНАЧЕННЯ ТА СИМВОЛИ

CO_2 – вуглекислий газ

U – коефіцієнт теплопередачі

t_{co} - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період

D - Кількість градусо-днів опалювального періоду

$t_{\text{вн}}$ - розрахункова температура внутрішнього повітря

R – опір теплопередачі

Q – споживання теплової енергії/теплові втрати

W – енергопотреба опалення/гарячеводопостачання

COP – коефіцієнт перетворення енергії для теплового насосу

SCOP – сезонний коефіцієнт перетворення енергії для теплового насосу

Т.у.п. – тонна умовного палива

ВСТУП

На сьогодні в Україні складається ситуація, що житловий фонду України, а це 60% від загального фонду будівель що експлуатуються, не раціонально використовують енергетичні ресурси: природний газ, вугілля, нафта та інші ресурси, які наша країна імпортує. В рамках впровадження концепції сталого розвитку, та енергетичної безпеки країни, в житловому фонді та в будинках в яких ми мешкаємо потрібно впроваджувати концепції, що сприятимуть зменшенню споживання енергетичних ресурсів та підвищать енергетичну та екологічну безпеку в нашій країні.

В світі не є новиною, впровадження концепції підвищення енергетичної ефективності в будівлях. Вчені, а саме Басок Б.І., Денисюк С.П. та інші активно досліджують проблематику підвищення енергетичної ефективності в будівлях в рамках впровадження концепції Smart Grid. У своїх роботах вони виділяють наступні поняття: «пасивний будинок», «будинок нуль енергії», «активний будинок», «енергозберігаючий будинок».

Згідно з ISO 7730, ДСТУ-Н Б А.2.2-5 «Пасивним» вважається будинок, споживання енергії на опалення якого становить, залежно від регіональних стандартів, не більше 10-15 кВт·год / м². рік. Нульовим є будинок, споживання та виробництво енергії якого від поновлюваних джерел однаково. Ну а активним буде той будинок, який виробляє більше енергії від поновлюваних джерел, ніж споживає, а надлишок віддає, в загальну мережу.

Згідно з ЗУ Про енергетичну ефективність будівель, будівля з близьким до нульового рівнем споживання енергії, вважається такою будівлею з рівнем енергетичної ефективності, що перевищує встановлені мінімальні вимоги, в якій для формування належних умов проживання та життєдіяльності людей використовується енергія переважно з відновлюваних джерел.

Мета дослідження

Підвищення енергетичної ефективності житлових приватних будинків шляхом впровадження елементів концепції «Пасивного будинку». Формування концепції «Пасивного будинку», яка б підходила до більшості типів приватних домогосподарств в Україні.

Задачі дослідження

Для досягнення мети було сформульовано такі задачі:

- Оцінювання поточного стану фонду житлових приватних будинків;
- Аналіз методів та засобів підвищення енергоефективності у приватних житлових будинках;
- Аналіз режимів функціонування споживачів теплової та електричної енергії у приватних житлових будинках;
- Аналіз можливих джерел тепло- та електрозабезпечення приватних житлових будинків та порівняння ефективності їх функціонування;
- Моделювання режимів функціонування приватного будинку;
- Техніко економічне обґрунтування запропонованих заходів з підвищення енергетичної ефективності житлового приватного будинку;
- Розробка start up проекту який охоплюватиме технологічні рішення для підвищення «пасивності» будинку з точки зору його енергоспоживання.

Об'єкт дослідження: процес підвищення “пасивності” будівель на основі впровадження сучасних технологічних рішень доступних на ринку.

Предмет дослідження: Особливості впровадження концепції «пасивного будинку», що сприяють підвищенню рівня енергетичної ефективності будівель на прикладі будинку за адресою м. Київ, вул. Садова 52, буд. 46

Наукова новизна одержаних результатів

– На основі проведеного аналізу режимів функціонування споживачів теплової та електричної енергії у приватних житлових будинках, а також аналізу методів та засобів підвищення в них енергоефективності було розроблено методологію оцінювання ефективності впровадження енергоефективних технологій для підвищення рівня «пасивності» приватних житлових будинків, що дало змогу визначити оптимальну конфігурацію систем забезпечення будинку

тепловою енергією що базуються на використанні відновлювальних джерел енергії, а саме теплового насосу та сонячного колектору

– На основі проведеного моделювання було побудовано математичну модель тепломасообмінних процесів, обрано цільову функцію та сформульовано оптимізаційну задачу, що дало змогу розрахувати поставлену оптимізаційну задачу зниження питомого споживання енергії житловим приватним будинком на 1 м² житлової площі, з урахуванням позитивних техніко економічних показників.

Практичне значення одержаних результатів

Робота має практичне значення при проведенні реконструкції та модернізації приватних будинків шляхом встановлення теплового насосу та сонячного колектора для підвищення рівня енергетичної ефективності житлового приватного будинку. Отримані результати у даній роботі, допоможуть визначити оптимальну систему опалення будинку, ГВП та забезпечення виконання поставлених завдань з мінімальними затратами.

Особистий внесок магістра

Магістерська робота є результатом чисельного дослідження споживання теплової та електричної енергії за допомогою комп'ютерного моделювання для визначення «пасивності» функціонування його інженерних систем та подальшому використанні для підвищення рівня «пасивності» жилих приватних будинків, економічного аналізу та створення комп'ютерних моделей.

Апробація результатів дисертації

Основні положення дисертації доповідалися на міжнародній науково-технічних конференції:

«Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика». – Кременчук, 15 травня 2018 р. Назва доповіді: Особливості режимів функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПАСИВНИХ БУДИНКІВ

1.1 Особливості розвитку концепції «пасивного будинку»

Пасивний будинок, енергозберігаючий будинок або екобудинок (нім.

Passivhaus, англ. Passive house) – споруда, основною особливістю якого є відсутність необхідності опалення чи мале енергоспоживання – в середньому близько 10% від питомої енергії на одиницю об'єму, споживаної більшістю сучасних будівель. У більшості розвинених країн існують власні вимоги до стандарту пасивного будинку.

В умовах зростання цін на електроенергію і тепло, гостро стоїть питання експлуатаційних витрат на житло. Показником енергоефективності об'єкта служать втрати теплової енергії з квадратного метра ($\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$) на рік або в опалювальний період. В середньому становить 100–120 $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$. Енергозберігаючою вважається будівля, де цей показник нижче 40 $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$. Для європейських країн цей показник ще нижчий – близько 10 $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$.

Досягається зниження споживання енергії в першу чергу за рахунок зменшення тепловтрат будівлі. Архітектурна концепція пасивного будинку базується на принципах: компактності, якісного та ефективного утеплення, відсутність містків холоду в матеріалах і вузлах примикань, правильної геометрії будівлі, зонування, орієнтації по сторонах світу. З активних методів в пасивному будинку обов'язковим є використання системи припливно–витяжної вентиляції з рекуперацією. В ідеалі, пасивний будинок повинен бути незалежною енергосистемою, взагалі не вимагає витрат на підтримку комфортної температури.

Опалення пасивного будинку має відбуватися завдяки теплу, що виділяють люди, що живуть в ньому і побутовими приладами. При необхідності додаткового «активного» обігріву, бажаним є використання альтернативних джерел енергії. Гаряче водопостачання також може здійснюватися за рахунок

установок поновлюваної енергії: теплових насосів або сонячних водонагрівачів. Вирішувати проблему охолодження/кондиціонування будівлі також передбачається за рахунок відповідного архітектурного рішення, а в разі необхідності додаткового охолодження за рахунок альтернативних джерел енергії, наприклад, геотермального теплового насоса.

Іноді визначення «пасивний будинок» плутають з системою «розумний будинок», одним із завдань якої є забезпечення контролю енергоспоживання будівлі. Також відрізняється система «активного будинку», яка крім того, що мало витрачає енергії, ще й сама виробляє її стільки, що може не тільки забезпечувати себе, а й віддавати в центральну мережу (будинок з позитивним енергобалансі).

Розвиток енергозберігаючих будівель сходить до історичної культури північних народів, які прагнули побудувати свої будинки таким чином, щоб вони ефективно зберігали тепло і споживали менше ресурсів. Класичним прикладом техніки підвищення енергозбереження будинку є російська піч, що відрізняється товстими стінками, добре зберігають тепло, і оснащена димарем зі складною конструкцією лабіринтів.

До сучасних експериментів підвищення енергозбереження будівель можна віднести споруда, побудована в 1972 році в місті Манчестер в штаті Нью-Гемпшир (США). Воно було кубічної формм, що забезпечувало мінімальну поверхню зовнішніх стін, площа скління не перевищувала 10%, що до- зволяло зменшити втрати тепла за рахунок об'ємно-планувального рішення. За північного фасаду було відсутнє скління. Покриття плоскої покрівлі було виконано в світлих тонах, що зменшувало її нагрівання і, відповідно, знижувало вимоги до вентиляції в теплу пору року. На покрівлі будинку були встановлені сонячні колектори.

У 1973–1979 роках був побудований комплекс «ECONO-HOUSE» в місті Отаніємі, Фінляндія. У будівлі, крім складного об'ємно-планувального рішення, що враховує особливості розташування і клімату, була застосована особлива система вентиляції, при якій повітря нагрівався за рахунок сонячної радіації,

тепло якої акумулювалось спеціальними склопакетами і жалюзі. Також, в загальну схему теплообміну будівлі, що забезпечує енергозбереження, були включені сонячні колектори і геотермальна установка. Форма скатів по-крівлі будівлі враховувала широту місця будівництва і кути падіння сонячних променів в різні пори року [1].

Концепція пасивного Будинку виникла в травні 1988 року з розмови між професором Бо Адамсоном з Лундського університету (Швеція), і Вольфгангом Файстом – засновником Інституту пасивного Будинку в місті Дармштадт (Німеччина), який працював на той час в Institut für Wohnen und Umwelt (Інститут Житла та Навколишнього середовища). Під час проектування та будівництва першого пасивного Будинку цей метод був адаптований до спеціальних граничних умов для будівель з високоякісною ізоляцією, що більше не вимагають стандартної системи опалення. Ця концепція була розроблена на основі низки науково-дослідницьких проектів, спираючись на фінансову допомогу від німецької землі Гессен.

Першими пасивними будинками стали чотирьох рядні будинки (також відомі як таунхауси чи міські будинки), які були розроблені для чотирьох приватних клієнтів архітекторами професорами Ботт, Ріддер і Вестермеєр. Побудований перший пасивний будинок був в 1991 році в Німеччині (м. Дармштадт).

У цьому будинку гаряче водопостачання забезпечувалося за допомогою сонячного колектора, а вентиляція була з рекуперацією. Над будинком постійно велися спостереження. В результаті виявилось, що вже в перший рік експлуатації витрати енергії на опалення в квартирі пасивного будинку були в 12 разів менше, ніж у стандартній квартирі звичайного будинку. У наступних роках енергоспоживання будинку зменшилося ще на 15%. Цей пасивний будинок повністю виправдав всі очікування! [2]



Рисунок 1.1 – Перший пасивний Будинок, побудований у 1991 році

З метою заохочення та подальшого розвитку Стандарту Пасивного Будинку, в 1996 році професор д-р Вольфганг Файст заснував Інститут Пасивного Будинку (м. Дармштадт, (Німеччина)).

Оцінки числа пасивних будинків в усьому світі в кінці 2008 року становила від 15000 до 20000 будівель. На той час переважна більшість пасивних будинків була побудована в німецькомовних країнах у Європі та Скандинавії. За станом на травень 2011 року налічувалося близько 32000 таких сертифікованих конструкцій всіх типів в Європі, у той час як у Сполучених Штатах Америки було всього 13, з декількома десятками більше в стадії будівництва [3].

1.2 Основні класи «пасивних будинків» згідно стандартів

Відновлювані джерела енергії є ідеальним доповненням до ефективності стандарту Пасивного Будинку. З метою забезпечення надійного керівництва для цієї комбінації, Інститут Пасивного Будинку (PHI) започаткував нові категорії

для сертифікації будівель.

Починаючи з публікації нової версії програми PHPP 9 (2015 р.) на додаток до вже існуючого стандарту Пасивного Будинку, який зараз має назву «Passive House Classic» («Пасивний будинок класик»), PHІ заснував категорії сертифікації «Passive House Plus» («Пасивний будинок плюс») та «Passive house premium» («Пасивний Будинок Преміум»). Зосередивши увагу на критерії «Поновлюваної первинної енергії» (PER – Primary Energy Renewable), нова процедура сертифікації пасивних будинків служить основою для визначення категорії будівлі.

Як і раніше, попит енергії на опалення пасивного будинку не може перевищувати 15 кВт·год/(м² на рік). Ця вимога залишається незмінною для застосування. Але з введенням нових категорій, замість попиту на первинну енергію, який використовувався раніше, відтепер буде використовуватися попит на первинну енергію від поновлюваних джерел енергії.

- Для категорії **пасивний будинок класичний** це значення буде дорівнюватися 60 кВт·год/(м²/рік).
- Будівля, побудована як **пасивний будинок плюс**, є більш ефективною, оскільки вона не може споживати відновлюваної первинної енергії більше, ніж 45 кВт·год/(м²/рік). пасивний будинок плюс також повинен генерувати принаймні 60 кВт·год/(м²/рік) енергії по відношенню до площі будівлі.
- Для пасивного будинку преміум попит на енергію обмежується тільки 30 кВт·год/(м²/рік), та щонайменш 120 кВт·год/(м² площі) енергії, що виробляється будівлею.

В Європі існує наступна класифікація будівель за їх енергоощадністю:

- «*Старі будівлі*» (будівлі до 1970–х років) – потребують для свого опалення, як правило близько трьохсот кіловат–годин на метр квадратний на рік: 300 кВт·год/м²·рік.
- «*Нові будівлі*» (ті що будувалися до 2000 року) – 150 кВт·год/м²*рік.
- «*Будівля низького споживання енергії*» (з 2002 року не можна будувати нові будівлі за нижчим стандартом) – 60 кВт·год/м²·рік.

- «Пасивна будівля» (є закон, відповідно до якого з 2019 року в Європі не можна буде будувати будівлі за нижчим стандартом, ніж пасивна будівля) – $15 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2 \cdot \text{рік}$.
- «Будівля нуль енергія» (будівля, що зовсім не потребує додаткової (крім тієї, що сама виробляє енергії на опалення) – $0 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2 \cdot \text{рік}$.
- «Будівля плюс енергія» (тобто така, що виробляє за допомогою встановлених на ній сонячних батарей, колекторів, рекуператорів, теплових насосів, тощо більше енергії, ніж сама потребує).

Директива енергетичних показників в будівництві (Energy Performance of Buildings Directive), що її було прийнято країнами Євросоюзу в грудні 2009 року, вимагає з 1 січня 2020 року наближення усіх нових будівель до енергетичної нейтральності (тобто будівництва як мінімум пасивних будівель).

1.3. Енергопасивне будівництво в Україні

З метою забезпечення ефективного формування та реалізації державної регіональної політики, політики у сфері будівництва та архітектури, розв'язання проблем, пов'язаних з реформуванням житлово–комунального господарства, Кабінет Міністрів України прийняв Постанову від 1 березня 2007 р. N 323 Утворити Міністерство регіонального розвитку та будівництва України і Міністерство з питань житлово–комунального господарства України на базі Міністерства будівництва, архітектури та житлово комунального господарства України, що реорганізується.

Мінрегіонбуд України має намір розробити програму підвищення енергоефективності в будівництві до 2020 року.

Ураховуючи пріоритетність наряду енергоефективності у галузях економіки та з метою забезпечення безумовної реалізації завдань і заходів, визначених актами Президента України, Ради національної безпеки і оборони України та дорученнями Кабінету Міністрів України, Мінрегіонбудом у 2008–2009 роках прийнято низку наказів та рішень щодо виконання цих завдань і

заходів, в тому числі розроблено Галузеву програму енергоефективності у будівництві на 2010–2014 роки, яку погоджено Національним агентством України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів (НАЕР) та затверджено в установленому порядку.

Перший пасивний екобудинок (Дім «Сонця») був споруджений в Україні у 2008 р.: «Пасивний житловий будинок в Києві» в базі даних Інституту пасивного Будинку в м. Дармштадт. У 2010 р. таких будівель в різних містах та селах України стало вже 9.

Приклади пасивних та енерговигідних екобудинків в Україні:

- «Будинок Сонця», пасивний екобудинок в Києві;
- пасивний будинок Інституту теплофізики НАН України;
- «Солітер», пасивний екобудинок у Василькові;
- «Екодім у пагорбі», пасивний дитячий екобудинок сімейного типу під Каневом;
- Пасивний екобудинок, в Одесі;
- Пасивний екобудинок, у м. Яворів (під Львовом);
- «Пасивний екобудинок у стилі модерн» під Вишгородом;

Характеристика проекту «Будинок Сонця» (рис. 1.3), пасивний екобудинок в Києві [4]:

Будинок складається з трьох окремо функціонуючих частин:

- самого житлового будинку для однієї сім'ї з 5–6 чоловік, з басейном та сауною, біб-ліотекою і кабінетом;
- «вбудованої» однокімнатної квартири з окремим входом, своєю кухнею і ванною–пральнею;

Перший екологічно чистий і енергоефективний будинок в Києві спроектований з урахуванням основних вимог за енергетичновигідною формою будівлі і з урахуванням орієнтації по сторонах світу.

Для будівництва будинку підібрані екологічно чисті будівельні матеріали та енерофективні інженерні системи, що забезпечують максимальний сучасний комфорт і здорову атмосферу для проживання сім'ї з 4–5 чоловік.

Маленький, розміром з килимок, сад «розширюється в висоту» за рахунок розташованих на південь від будівлі терас. Вони ж є і літнім сонцезахистом, відкритої зимовому сонцю і тепла південного боку будівлі.

Невеликий периметр будинку викликав об'ємне рішення будівлі, засноване на перепаді рівнів. Це дозволило значно збільшити корисну площу будівлі (328,2 м²), обсяг якого при цьому залишився мінімальним (980 м³).



Рисунок 1.3 – Розташування будинку

Дах будинку зображеного на рисунку 1.4 має подвійну конструкцію і також утеплюється шаром в 25 см утеплювача (пінополістирол), з них 20 см укладаються між кроквами, а ще 5 см укладаються по кроквах, що повністю виключає виникнення містків тепла, через які енергія залишала б будинок. Тераси, балкони будинку є “приставними” і також не порушують гомогенності оболонки утеплювача.



Рисунок 1.4 – «Будинок Сонця»

Пасивний “Будинок Сонця” в Києві став першим українським проектом, занесеним в міжнародний каталог пасивних будинків на: <http://www.passiv.de/>. PASSIV HAUS INSTITUT Dr. Wolfgang Feist: Офіційна база даних «пасивних будинків». [4]

Підігрів та охолодження будинку, як і підготовка гарячої води передбачені за допомогою сонячних колекторів (СінтСолар) і глибинного геотермального інверторного теплового насосу (IVT потужністю від 3 до 15 кВт). Для цього були пробурені чотири свердловини (кожна по 86 метрів) і прокладений земляний контур теплового насосу (320 м), іншими словами ґрунтовий теплообмінник теплового насосу. Бак акумулятор на 1000 л нагрівається (безкоштовним теплом) за допомогою сонячних колекторів. І тільки якщо їх потужності не вистачає (2–3 найхолодніших місяці на рік), тоді до підігріву акумулятора підключається і глибинний ТН.

Всі інженерні комунікації (вентиляційні канали, розводка під електрику, інтернет і т.д.) прокладені в перекриттях і стінах під заливку монолітним залізобетоном. Опалення/охолодження будівлі відбувається за допомогою системи випромінюючих площин (стін і підлоги), що дуже позитивно впливає на здоров'я людини, викликає постійне відчуття комфорту, а також допомагає економити енергію на опалення/охолодження. При цьому труби опалення (прокладені по заземленою металевій сітці з вічком 40x40 мм) заштукатурюються глиною, що забезпечує постійну 50% вологість в приміщенні

і, таким чином, є запорукою здорового клімату, відсутності мікробів і бактерій, і, як наслідок, забезпечує значне зниження ймовірності захворювань дихальних шляхів.

Підлога у всіх житлових приміщеннях (крім танцзалу, паркет під масловоском) виконаний з натурального лінолеуму – екологічно чистого матеріалу, що складається з стружки дерева, лляної олії і харчових барвників [5].

Характеристика проекту «Пасивного будинку НАН України» [6].

На території ІТТФ НАН України (Київ, вул.Булаховського,2) експериментального будинку пасивного типу загальною площею 300 кв. м. Даний будинок зображено на рисунку 1.5 не є довершеною чи оптимальною конструкцією. Юридичний статус створеної будівлі – це повномасштабний (4 повноцінних поверхи, п'ятий поверх – горище, опалювальна площа – 266,6 кв. м.) лабораторно-промисловий стенд для перевірки в реальних кліматичних умовах як окремих будівельних конструкцій, так і всієї будівлі в цілому, а також сучасних систем енерго та ресурсозабезпечення. По суті це є науково-технічна та технологічна лабораторія теплофізичного та енергетичного профілю для дослідження динаміки експлуатації, окремих будівельних матеріалів, окремих будівельних конструкцій та всієї будівлі, а також довготривалого моніторингу експлуатації інженерних систем енергозабезпечення, головним чином на основі поновлюваних та альтернативних енергоресурсів. Перспективна ідея, яка покладена в основу 234 такого будівельного стенду, полягає в реалізації, безумовно при наявності фінансування та при активному подальшому пошуку інвестицій, послідовного ланцюжка перетворень вказаної будівлі в напрямку: будинок високої енергетичної ефективності (70 кВт·годин на 1 кв. м. площі) – будинок пасивного типу – будинок типу «нуль енергії» – «розумний» будинок – будинок як Micro Smart Grid 0-Energy система. В даному будинку, як в теплофізичній лабораторії.

В даному будинку, як в теплофізичній лабораторії, передбачені автоматизовані цілорічні неперервні (з інтервалом (скважністю) від 1 хвилини і

до 1 доби) вимірювання полів температур, теплових потоків, вологості, тиску, витрат повітря, витрат теплоносія, витрат теплової і електричної енергії, освітленості, зовнішніх кліматичних параметрів з електронним архівуванням отриманих експериментальних даних.



Рисунок 1.5 – «Будинок Нуль-енергії» НАН України

Будинок орієнтований з півдня на північ. В плані основний корпус будинку (без зовнішнього утеплення) займає площу 7,5 м (ширина) на 10м (довжина), кожен основний поверх облаштовано трьома приміщеннями (кімнатами) площею 22-24 кв.м. кожна. Будинок створено як будівлю полегшеного типу без втрат конструкціями належної міцності (полегшені суцільні та сендвіч-стіни; полегшені ребристі плити перекриття). Цокольний поверх заглиблений в ґрунт по рівню підлоги на 175 см. Підземна зовнішня частина цокольного поверху виконана із 4 рядів бетонних блоків ФБС-24.4.6, покладених на однорядний стрічковий фундамент із бетонних блоків ФЛ-8.24-2, укладених на піщано-гравійну засипку. Фундамент під внутрішньо будинкові цегляні простінки виконаний із бетонних ФБС-24.6.6. Підземна зовнішня бетонна частина цокольного поверху виступає над рівнем горизонтального ґрунту на 10 см, далі

стіни цоколя виконані із суцільної (зовні) та дірчатої (всередину, облицювальної) керамічна цегли. Зовнішню частину цоколя, яка знаходиться в ґрунті, утеплено і гідроізолювано від ґрунту трьома шарами гідроізоляційної бітумної мастики і одним шаром пластикової плівки. Товщина шару утеплення ґрунтової частини цоколя становить: починаючи з глибини ґрунту в 170 см значення 10 см, з глибини 110 см – 20...21 см, а з глибини 50 см – від 25 до 29 см. В якості теплоізоляційних матеріалів при цьому використовувались: плити простого і гідроізолюваного піноскла товщиною 10 см; плити із екструзійного та звичайного пінополістиролу товщиною 10 см; металеві сандвіч-панелі товщиною 5, 7, і 10 см, що наповнені пінополістиролом та пінополіуретаном. Кожен наступний поверх виконаний із вітчизняних і соціально доступних будівельних матеріалів, як то: керамічна дірчата цегла (одинарна та подвійна); керамічний блок; пінобетонний блок; газобетонний блок різної товщини; блок із ракушняка; блок із піщаника; керамзитобетонний литий блок; керамзитобетонний пресований блок; бетонно-деревностружечний блок (Арболіт); деревний брус (15 см); металева стінова сандвіч-панель (товщиною 20 см мінвати). Здебільшого зовнішні основні стіни мали конструкцію типу сандвіч-панелі із внутрішнім пустим прошарком товщиною від 4 до 12 см, котрий заповнювався або матами базальтової вати різної густини, або полістирольними плитами, або сипучим теплоізоляційним матеріалом, в якості якого використовувалися керамзитний обкотиш дисперсністю 10-15 мм, подрібнені відходи (крошка) пінополістиролу, пінополістирольні гранули та перлітовий пісок. Практично кожна зовнішня частина стіни основної конструкції будинку та подекуди внутрішня частина стіни кожної кімнати виконані з різного будматеріалу.

В будинку використовуються подвійні енергоефективні вікна, що виготовлені на основі двокамерних склопакетів з формулою 4і-8-4і-8-4 та п'ятикамерного віконного профілю. Дах будинку односкатний, направлений на південь під кутом 35° до горизонту, який є оптимальним стосовно річного сприйняття сонячної енергії тепловими та електричними панелями. Конструкція даху металева, посиленого типу, здатна нести снігову загрузку та всю масу

сонячних панелей при повному заповненні ними всієї площі, що становить майже 125 кв. м. Утеплення даху виконано декількома шарами базальтової вати загальною товщиною 50...55 см, гідроізолюваною зверху панелями OSB з товщиною 10 мм.

Виходячи із вищесказаного до особливостей будинку можна віднести:

1. компактність будівлі;
2. посилену теплоізоляцію утеплення стін товщиною до 33 см.;
3. використання комбінованого клеєво-вентильованого фасадного утеплення стін;
4. орієнтацію на південь та відсутність затінку;
5. виключення або зменшення наявності “містків холоду”;
6. герметичність будівельної конструкції;
7. енергоефективні подвійні вікна та профілі відмінної якості
8. контрольовану вентиляція з рекуперацією теплоти;
9. заглиблення в ґрунт на дві третини висоти цокольного поверху;
10. тепловий захист (нагрівання – взимку, охолодження – влітку) зовнішніх стін при пропусканні зовнішнього повітря через ґрунтові теплообмінники і вентканали зовнішнього утеплення – т. з. «теплова завіса»;

Тепловтрати на 1 м² опалювальної площі досліджуваної будівлі становлять: варіант 1: 3,4 Вт/м²; варіант 2: 4,86 Вт/м²., а оцінка питомого теплоспоживання експериментального енергоефективного будинку пасивного типу рівна: варіант 1: $E = 15 \text{ (кВт год)/(м}^2 \text{ рік)}$; варіант 2: $E = 21,8 \text{ (кВт год)/(м}^2 \text{ рік)}$, що відповідає вимогам європейських стандартів.

1.4. Аналіз сучасних матеріалів для будівництва пасивного будинку

До основних будівельних матеріалів, згаданих в таблиці 1.1, які використовуються при будівництві житлових будинків в Україні, можна віднести керамічну цеглу (блоки), газоблок різних марок та густини, SIP панелі, дерево.

Якісні піноблоки та газоблоки – це сучасний, ефективний, екологічно чистий і економічний при будівництві та експлуатації матеріал. Їх популярність обумовлена низкою переваг перед іншими матеріалами. Володіючи щільністю деревини, вони абсолютно не горючі, хімічно нейтральні. У порівнянні з традиційними будівельними матеріалами (камінь, цегла, бетон) піноблоки та газоблоки перевищують їх по тепло– і звукоізоляційним характеристикам.

Таблиця 1.1 – Порівняльні характеристики теплопровідності стін з різних матеріалів

| | | Ширина стіни (см) | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | | 12 | 18 | 20 | 24 | 25 | 30 | 36 | 40 | 48 | 60 | 70 | 80 | 90 | |
| <i>Теплопровідність (BT / м² · °C)</i> | Коеф. на 1 метр | Коефіцієнт теплопровідності стіни | | | | | | | | | | | | | |
| керамічна цегла | 0,81 | ,75 | ,5 | ,4 | ,4 | ,3 | ,2 | ,2 | ,2 | ,1 | ,1 | ,1 | ,0 | ,0 | |
| силікатна цегла | 0,90 | ,50 | ,7 | ,5 | ,4 | ,3 | ,3 | ,2 | ,2 | ,1 | ,1 | ,1 | ,1 | ,0 | |
| Газобетон D 600 | 0,14 | ,16 | 1 | ,0 | ,0 | ,0 | ,0 | ,0 | ,0 | ,0 | ,0 | ,0 | ,0 | ,0 | |
| Газобетон D 500 | 0,12 | ,0 | 1 | ,66 | ,60 | ,50 | ,40 | ,33 | ,30 | ,25 | ,20 | ,16 | ,14 | ,12 | |
| Газобетон D 400 | 0,10 | ,8 | 0 | ,55 | ,50 | ,41 | ,33 | ,27 | ,25 | ,20 | ,16 | ,13 | ,12 | ,10 | |

На рисунку 1.6 проілюстровано порівняння основних будівельних матеріалів, враховуючи їх теплотехнічні характеристики

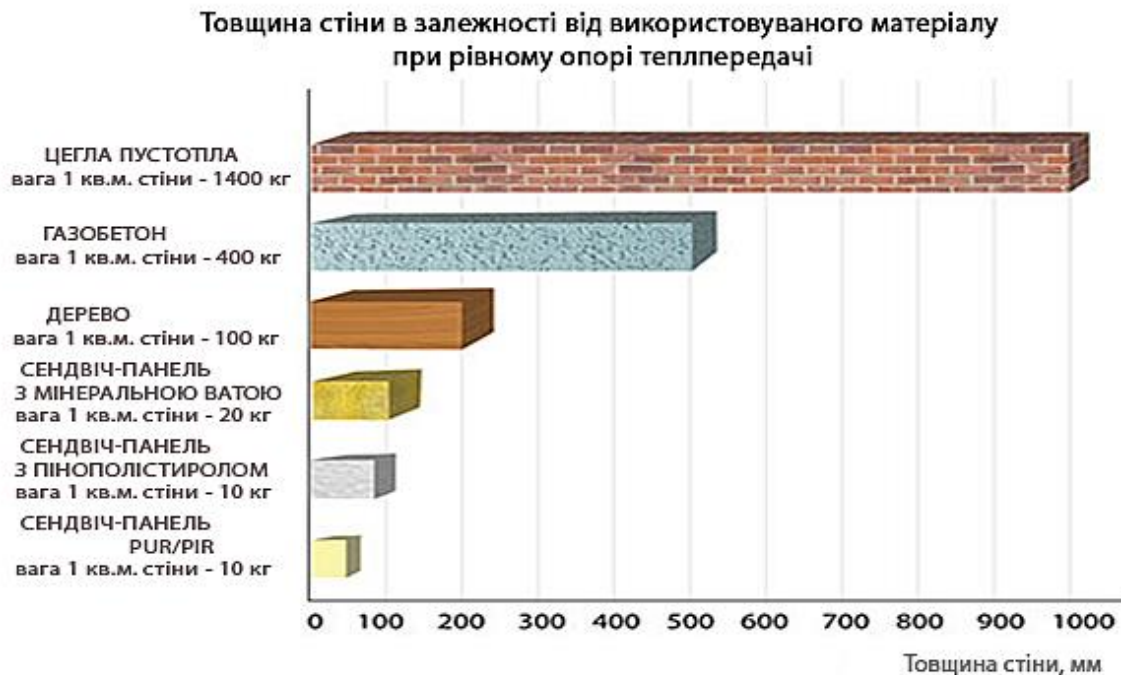


Рисунок – 1.6 Залежність товщини шару зовнішньої огорожувальної конструкції при приведеному однаковому опорі теплопередачі

На сучасному українському ринку використовуються різноманітні теплоізоляційні матеріали, які класифікуються за такими ознаками: за видом вихідної сировини, за формою і зовнішнім видом, за структурою, за середньою густиною, за жорсткістю, за теплопровідністю, за вогнестійкістю [7]. За призначенням теплоізоляційні матеріали можна умовно розділити на кілька типів: для несучих стін і теплоізоляції; для опоряджувальних робіт; тільки для теплоізоляції. Серед теплоізоляційних матеріалів і виробів, які використовуються тільки для теплоізоляції, у вітчизняній структурі споживання найбільш поширені скляна і мінеральна вата, а також полімерні теплоізоляційні матеріали.

Як показують дані, наведені на рисунку 1.7, 1.8 та 1.9 перевагами полімерних теплоізоляційних матеріалів у порівнянні зі скловатними і мінераловатними матеріалами є нижчі показники густини і теплопровідності, отже поліпшені тепло- і звукоізолюючі властивості, а також більш високі показники міцності,

менше водопоглинання і більша морозостійкість, що пояснюється закритою пористістю. Мінімальна товщина шару полімерних теплоізоляційних матеріалів становить від 10 до 12 см, в той час як скловатних і мінераловатних - 15 см і більше, отже, потрібна їх більша витрата [10].

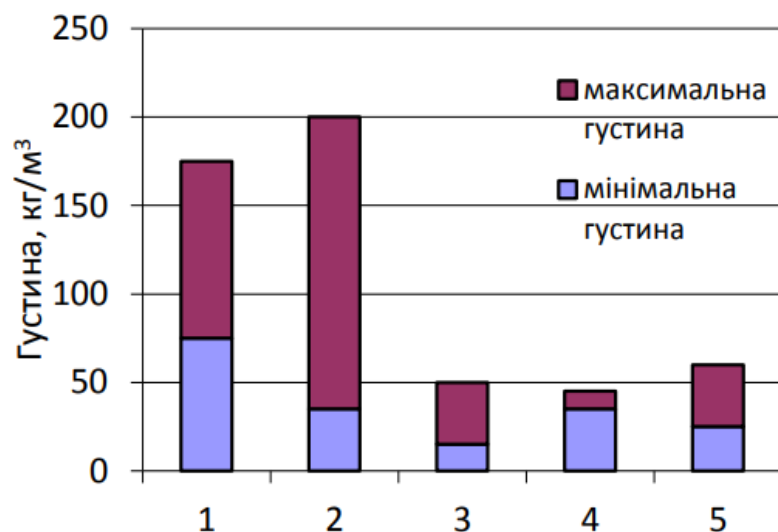


Рисунок – 1.7 Густина теплоізоляційних матеріалів: 1 – скловата; 2 – мінеральна вата; 3 – пінополістирол безпресовий; 4 – пінополістирол екструдований; 5 – пінополіуретан

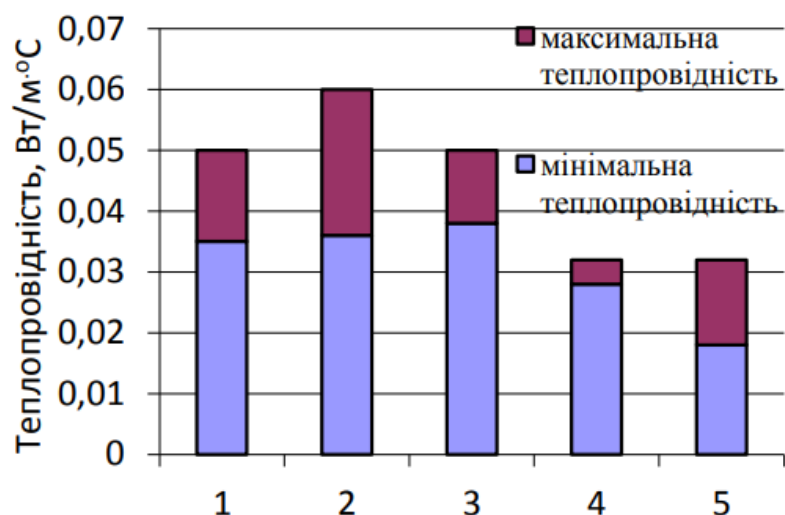


Рисунок – 1.8 Теплопровідність теплоізоляційних матеріалів: 1 – скловата; 2 – мінеральна вата; 3 – пінополістирол безпресовий; 4 – пінополістирол екструдований; 5 – пінополіуретан

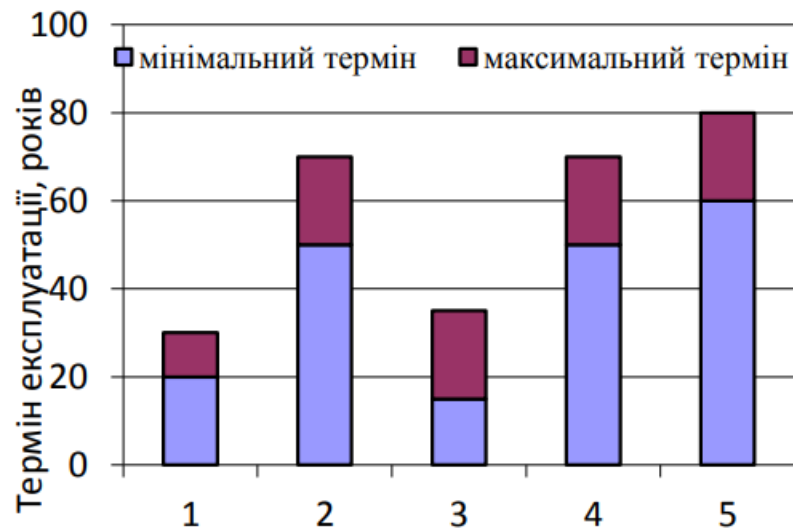


Рисунок – 1.9 Термін експлуатації теплоізоляційних матеріалів: 1 – скловата; 2 – мінеральна вата; 3 – пінополістирол безпресовий; 4 – пінополістирол екструдований; 5 – пінополіуретан

Таблиця – 1. 2 Зіставлення характеристик теплоізоляційних матеріалів

| Матеріал | Переваги | Недоліки | Область застосування |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Скловата | Низька теплопровідність, висока вогнестійкість. Підвищена міцність і пружність, вібростійкість, м'якість і еластичність, пожежобезпечність, низька ціна | Гігроскопічність, необхідність обережності при укладанні щоб уникнути побічних ефектів від дії волокон, більша витрата в порівнянні з полімерними ТМ, невисока довговічність | Фасади, покрівлі, перегородки та інші будівельні конструкції |
| Мінеральна вата | Низька теплопровідність, висока вогнестійкість. Не схильна до температурної і механічної деформації, гідрофобний і екологічно чистий продукт, пожежобезпечна. Низька ціна, висока довговічність | Не може бути стиснута без пошкодження волокон, більша витрата в порівнянні з полімерними ТМ | Фасади, покрівлі, перегородки, підвали, трубопроводи |
| Безпресовий пінополістирол | Дуже низька теплопровідність, легкість і простота обробки, стійкість до впливу хімічних речовин, менша витрата в порівнянні з волокнистими ТМ, низька ціна | Нестійкий до механічного впливу, горючий, деякі види в результаті горіння виділяють токсичні речовини, невисока довговічність | Фасади, стіни, перегородки, підлоги |

Продовження таблиці 1.2

| | | | |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Екструдований пінополістирол | Дуже низька теплопровідність, низьке водопоглинання, висока морозостійкість, міцність, екологічна чистота, біологічна і хімічна стійкість, менша витрата в порівнянні з волокнистими ТМ, висока довговічність | Руйнується при контакті з речовинами, що містять складні вуглеводи, підтримує горіння при постійному джерелі вогню, нестійкий до сонячного ультрафіолету, висока ціна | Стіни, плоскі і скатні покрівлі, фундаменти будівель |
| Напилюваний пінополіуретан | Дуже низька теплопровідність, високий рівень адгезії і вологостійкості, мінімізація рівня конденсату, відсутність щілин в товщі покриття, менша витрата в порівнянні з волокнистими ТМ, висока довговічність | Горючість, виділення токсичних речовин при горінні, висока ціна | Фасади, стіни, скатні і плоскі покрівлі, фундаменти, підвали, цокольні поверхні, з'єднання будівельних конструкцій |

Отже при виборі матеріалів для будівництва житлового будинку необхідно враховувати ряд факторів, параметрів та характеристик матеріалів, основними з яких є: кількісні показники фізичних і фізико-механічних властивостей, витрат, ціни і довговічності; якісні показники енергоефективності та екологічності. Також необхідно враховувати тип ізолюючої конструкції, вплив зовнішніх факторів, способи захисту від негативних впливів зовнішнього середовища.

1.5. Аналіз режимів функціонування споживачів електричної енергії

Згідно ЗУ Про Ринок електричної енергії [10] що визначає та правові, економічні та організаційні засади функціонування ринку електричної енергії, регулює відносини, пов'язані з виробництвом, передачею, розподілом, купівлею, продажем, постачанням електричної енергії для забезпечення надійного та безпечного постачання електричної енергії споживачам з урахуванням інтересів споживачів, розвитку ринкових відносин, мінімізації витрат на постачання електричної енергії та мінімізації негативного впливу на навколишнє природне середовище.

Згідно звітів [10] національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) за 2016 та 2017 можемо

проаналізувати динаміку та обсяги споживання електричної енергії житловими приватнимим будинками в місті Києві .

В представлених таблицях 1.3 та 1.4 наведено інформацію згідно звіту НКРЕКП, стосовно обсягів споживання електричної енергії побутовими споживачами в місті Києві, представлено дві категорії споживачі, які є найбільш цікавими для аналізу режимів споживання електричної енергії. В місті Києві підключено близько 3 тис. споживачів що розраховуються в опалювальний період згідно «тарфу електроопалення» , та мають характерні графіки споживання електричної енергії в зимовий період.

Таблиця – 1.3 Обсяги споживання категорії побутових споживачів за звичайними тарифом

| Населення у містах, селищах міського типу: | до 100 кВт·год | 100-150 кВт·год | 150-300 кВт·год | понад 300 кВт·год |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| обсяг споживання електроенергії, тис.кВт·год | 229 721 | 272 162 | 495 853 | 379 528 |
| відсоток обсягу споживання електроенергії даною категорією споживачів | 16,7% | 19,8% | 36,0% | 27,6% |
| кількість абонентів | 295 225 | 184 659 | 201 070 | 64 732 |
| відсоток абонентів у даній категорії споживачів | 39,6% | 24,8% | 27,0% | 8,7% |

Таблиця – 1.4 Обсяги споживання категорії побутових споживачів з «тарифом на електроопалення»

| Населення у будинках, обладнаних електроопалювальними установками або електроопалювальними установками та кухонними електроплитами: | до 1000 кВт·год | 1000-2000 кВт·год | 2000-3000 кВт·год | понад 3000 кВт·год |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| обсяг споживання електроенергії, тис.кВт·год | 7 204 | 16 813 | 11 605 | 14 724 |
| відсоток обсягу споживання електроенергії даною категорією споживачів | 14,3% | 33,4% | 23,1% | 29,2% |
| кількість абонентів | 1 155 | 960 | 404 | 237 |
| відсоток абонентів у даній категорії споживачів | 41,9% | 34,8% | 14,7% | 8,6% |

Для категорії «населення у містах, смт. та селах» згідно таблиці 1.3 притаманні наступні режими споживання електричної енергії, що характеризують тільки споживання побутових елетроприладів, таких як: освітлення, охолодження, живлення електропиймачів кухні, приготування гарячої в електричних бойлерах. Так ось на рисунку 1.20 зображено характерний режим

споживання електричної енергії побутовими споживачами приватного жилого будинку з газовим опаленням

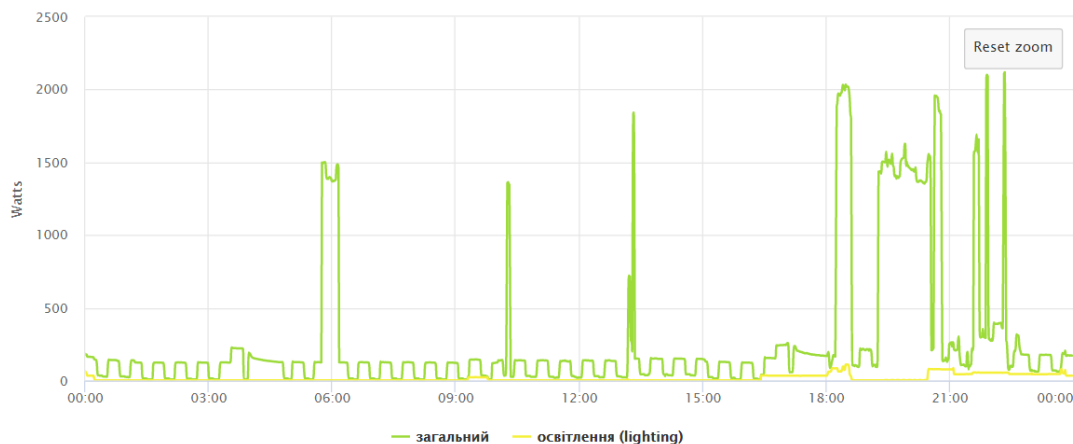


Рисунок – 1. 10 ГЕН побутових споживачів зі звичайним тарифом

При цьому на рисунку 1.10 характерним і чітко зображеним є роботи основних побутових споживачів, що складають базове навантаження кожного дня представлених на рисунках 1.11-1.14.

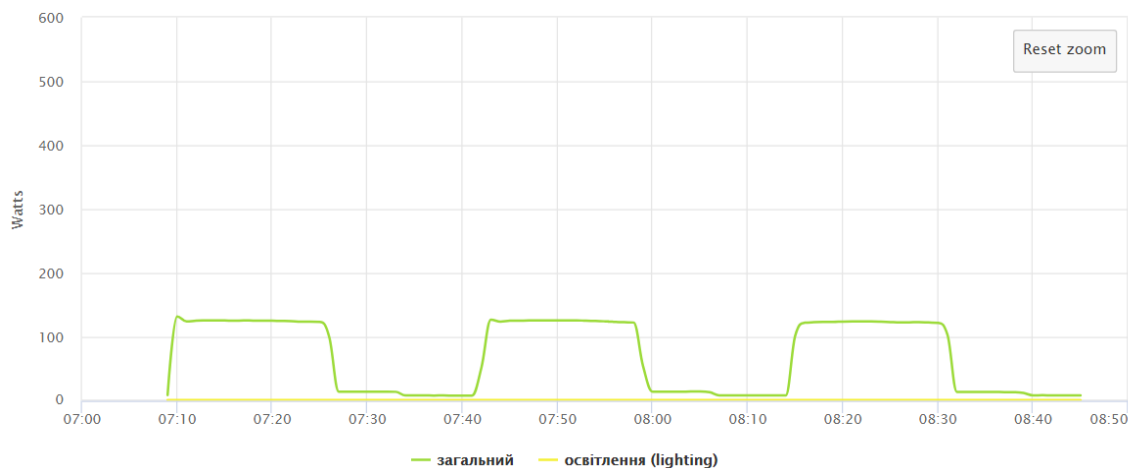


Рисунок – 1. 11 ГЕН холодильника номінальною потужністю 125 Вт

Холодильник, як правило, має графік постійного включення та вимкнення компресора, тобто працює в режимі ON/OFF. Характеризується піком навантаження в момент включення компресору та гладким та рівномірним

споживанням електроенергії в продовж своєї роботи. Це прилад будинку, який витрачає близько 35% базового споживання в будинку.

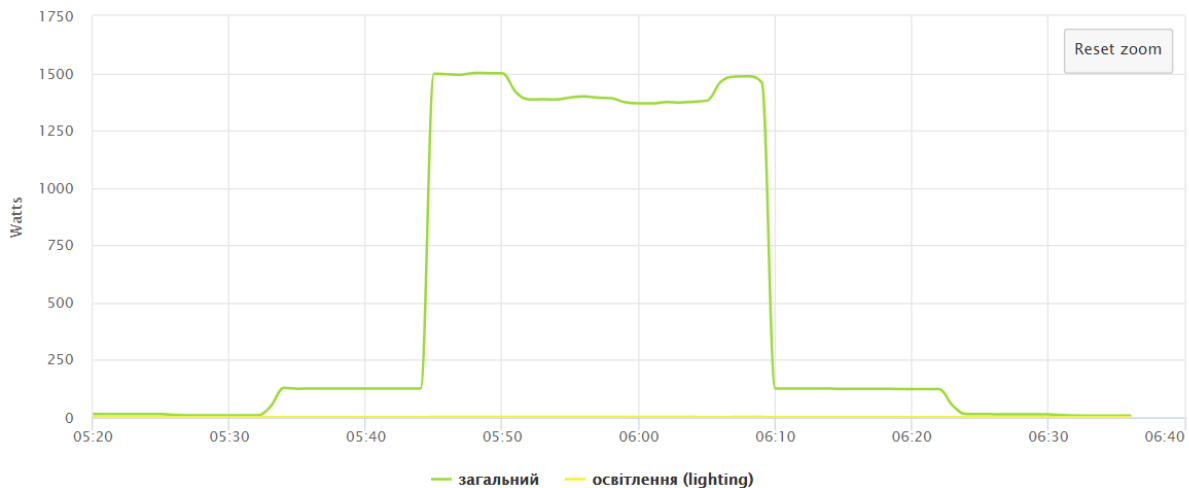


Рисунок – 1. 12 ГЕН електро бойлера номінальною потужністю 1500 Вт

Електричний бойлер зазвичай має одноступінчате регулювання електричної споживаної потужності, та постійне споживання номінальної встановленої потужності, в даному прикладі робота електричного бойлера оптимізовано роботою лише в провали попиту на електричну енергію, тобто за другою зоною, коли ціна на електроенергію 50% від ставки.

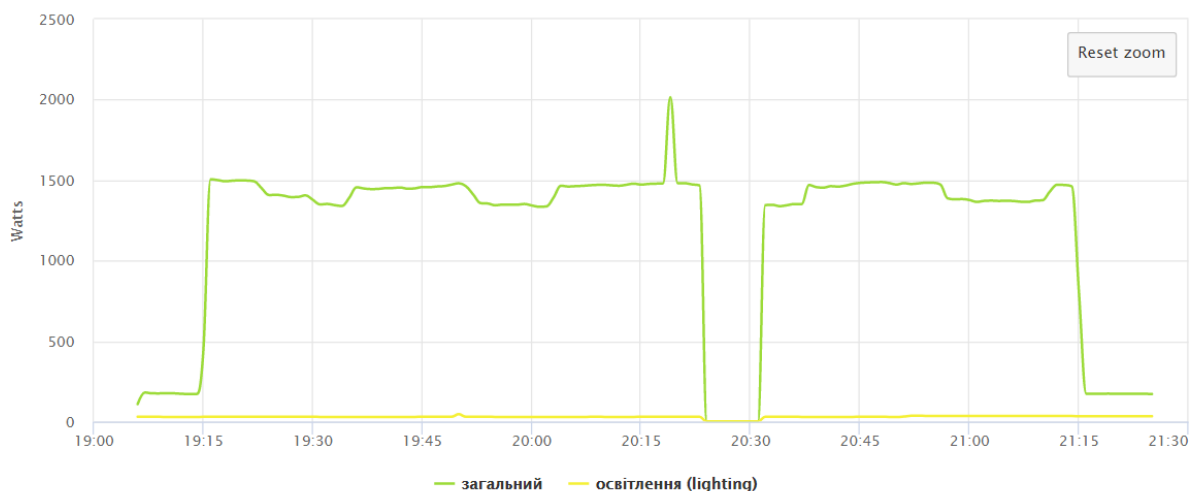


Рисунок – 1. 13 ГЕН пральної машини, номінальної потужності 1500 Вт

Пральна машина характеризується коливаннями споживання (початками та зупинками двигуна, який рухає одяг). Іноді на початку відбувається пік споживання: це потужність, який нагріває воду для прання одягу відповідно до заданої програми. Прання гарячою водою витрачає приблизно в п'ять разів більше енергії, ніж прати теплою водою 30°.

Для категорії населення у будинках, обладнаних електроопалювальними установками згідно таблиці 1.4 притаманні наступні режими споживання електричної енергії, що характеризують окрім споживання побутових електроприладів, так і споживання електричної енергії на опалення, електро котлом чи тепловим насосом.



Рисунок – 1.14 Добовий ГЕН теплового насосу «Повітря-Вода» номінальною тепловою потужністю 10 кВт

Теплова потужність пристрою знаходиться в прямій залежності від температури зовнішнього повітря. Чим нижче температура повітря, тим менше потужність теплового насоса.

Для теплових насосів є характерним плавність їх роботи, яка досягається за допомогою інверторного (ступінчатого) регулювання роботи частоти компресору.

1.6. Аналіз режимів функціонування споживачів теплової енергії

Для забезпечення комфортних умов проживання та життєдіяльності приватного будинку в опалювальний період, необхідно спроектувати систему опалення та забезпечити джерелом теплової енергії.

Найпопулярнішим видом палива, яке використовується для виробництва тепла в системах обігріву приватних будинків нашої країни, є природний газ. Його головною перевагою давно стало зручність використання та досить високий ККД.

Ще один популярний вид палива, яке також застосовується для забезпечення функціонування теплоенергетичного обладнання - це електрична енергія. Незважаючи на менше поширення даного виду опалення, в порівнянні з газовим, вона має свої незаперечні переваги. Полягають вони в доступності електрики, простоті його використання і відсутності відпрацьованих газів. Що стосується тарифів на цей вид енергії, то вони є диференційованими. Поточна вартість електрики для населення, прийнята відповідно до постанови НКРЕКП.

Наступним по популярності видом опалення є твердопаливні котли, що працюють на кам'яному вугіллі, пеллетах та дровах. Дані типи опалення є досить ефективними, з використанням автоматики, примусового повітрязабезпечення та димовідведення. Даний вид опалення є «дешевим» в експлуатації, про те потребує додаткових витрат на обслуговування котла.

В таблиці 1.3 розраховано енергопотребу, вартість опалення будівлі від різних джерел енергії для будинку до 100 м².

Таблиця 1.3 – Порівняння видів первинного палива та їх ефективність

| Вихідні данні для порівняння експлуатаційних витрат на опалення: | | | | | |
|------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|-----------------------|------------|-----|
| Вид палива | Ціна за одиницю | | Теплотворність палива | | ККД |
| Природний газ | 8,59 | грн/1м3 | 7000 | ккал/м3 | 90% |
| Електроенергія | 1.56 | грн/кВт·г | 859 | ккал/кВт·г | 98% |
| Кам'яне вугілля | 3.5 | грн/кг | 5250 | ккал/кг | 75% |

| | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|--------|------------|-----|
| Торф'яні брикети | 1.7 | грн/кг | 3800 | ккал/кг | 75% |
| Дрова вологістю, до 20% | 0.7 | грн/кг | 3800 | ккал/кг | 75% |
| Дерев'яні палети | 2.27 | грн/кг | 4100 | ккал/кг | 82% |
| Результати розрахунку | | | | | |
| Природний газ | 159 | м3/Гкал | 1092 | грн/Гкал | |
| Електроенергія | 1188 | кВтг/Гкал | 1853 | грн/Гкал | |
| Кам'яне вугілля | 254 | кг/Гкал | 889 | грн/Гкал | |
| Торф'яні брикети | 351 | кг/ Гкал | 596 | грн/Гкал | |
| Дрова вологістю, до 20% | 351 | кг/ Гкал | 246 | грн/Гкал | |
| Дерев'яні палети | 297 | кг/ Гкал | 675 | грн/Гкал | |
| Експлуатаційні витрати на опалення будинку в залежності від виду палива: | | | | | |
| Орієнтовне теплове навантаження на с.о | | | 12.55 | [Гкал/рік] | |
| Орієнтовне теплове навантаження на с.о | | | 183175 | кВтг | |
| Централізоване тепл. | UAH 18,661.9 | | | | |
| Природний газ | UAH 13,705.4 | | | | |
| Електроенергія | UAH 23,256.8 | | | | |
| Кам'яне вугілля | UAH 11,155.6 | | | | |
| Торф'яні брикети | UAH 7,486.0 | | | | |
| Дрова вологістю, до 20% | UAH 3,082.5 | | | | |

Побудуємо діаграму порівняння вартості опалення при теплозабезпеченні різних типів енергетичних ресурсів, дивись рисунок 1.15.

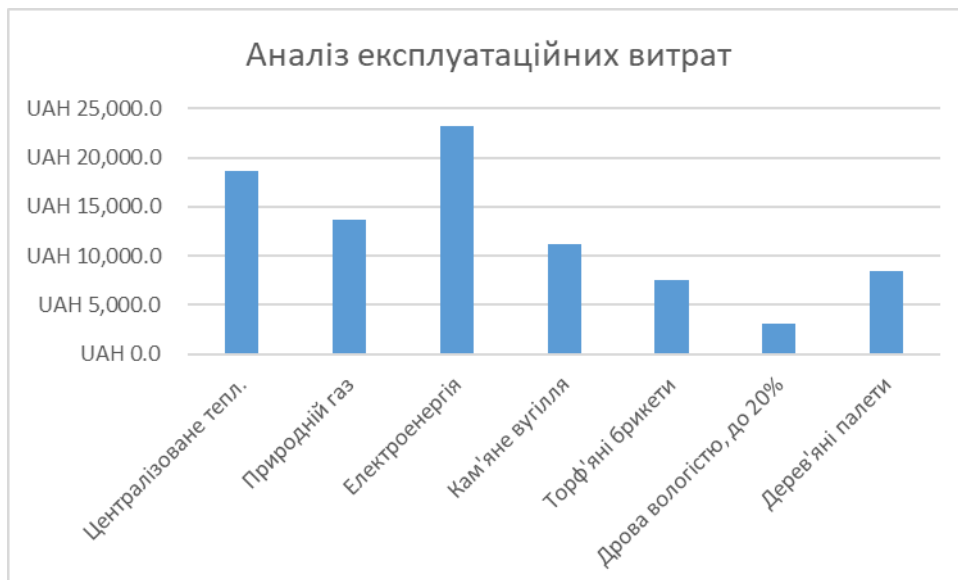


Рисунок 1.15 – Аналіз експлуатаційних витрат

В ході розрахунку було, визначено що традиційні теплогенератори є не ефективними, оскільки їх питоме енерговикористання складає від 80 до 120 кВтг/м² опалювальної площі будинку, тому представлені теплогенератори не є ефективними і в подальшому будуть описані інженерні рішення що нададуть змогу зменшити питоме споживання будинку.

Висновки по розділу 1

Аналіз методів та засобів підвищення енергоефективності у приватних житлових будинках, дозволив сформулювати наступні задачі дослідження:

1. Для досягнення мети було сформульовано такі задачі:
2. Оцінювання поточного стану фонду житлових приватних будинків;
3. Аналіз методів та засобів підвищення енергоефективності у приватних житлових будинках;
4. Аналіз режимів функціонування споживачів теплової та електричної енергії у приватних житлових будинках;
5. Аналіз можливих джерел тепло- та електрозабезпечення приватних житлових будинків та порівняння ефективності їх функціонування;
6. Моделювання режимів функціонування приватного будинку;
7. Техніко економічне обґрунтування запропонованих заходів з

підвищення енергетичної ефективності житлового приватного будинку;

8. Розробка start up проекту який охоплюватиме технологічні рішення для підвищення «пасивності» будинку з точки зору його енергоспоживання

2 МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИВАТНИМИ ЖИТЛОВИМИ БУДИНКАМИ

2.1 Споживання електричної енергії житловим будинком

Живлення забезпечується від КТП-3053, яка знаходиться в садовому кооперативі СТ «40 років Жовтня». На рисунку 2.1 зображено ввід трьох фазної мережі до об'єкту, виконаний кабелем СІП-5 4х16. На вводі встановлено багатозонний лічильники електричної енергії типу НІК 2303 АРЗ Т.1400.МС.11. Навантаження по фазам розподілене симетрично.

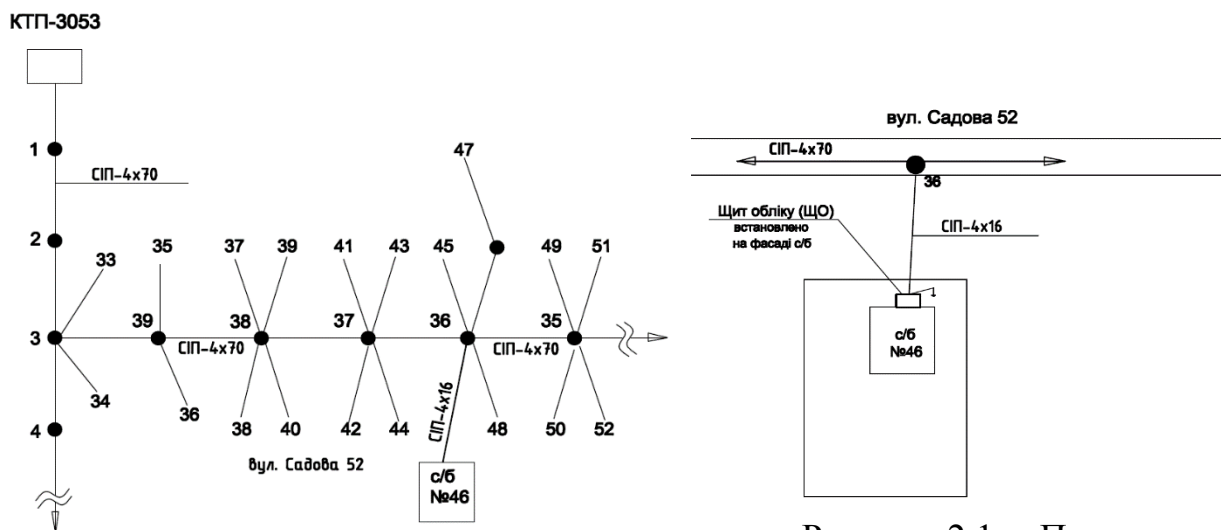


Рисунок 2.1 – По опорна схема електропостачання та ввід на ділянку

В 2017 році було розроблено проект електричного опалення приватного житлового будинку, згідно цього проекту населенню, яке проживає в житлових будинках, обладнаних у встановленому порядку електро опалювальними установками, тобто це може бути електричний котел або навіть тепловий насос, діє спеціальний тариф у період з 01 жовтня по 30 квітня (включно):

Таблиця 2.1 – Тарифи на електроенергію на електричне опалення

| Категорії споживачів | Тарифи на електроенергію, в копійках, за 1 кВт·год | | |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----|-------|
| | без ПДВ | ПДВ | з ПДВ |
| Електроенергія, що відпускається у період з 01 жовтня по 30 квітня (включно): | | | |
| за обсяг, спожитий до 3000 кВт·год електроенергії на місяць (включно) | 75 | 15 | 90 |
| за обсяг, спожитий понад 3000 кВт·год електроенергії на місяць | 140 | 28 | 168 |

На рисунку 2.2 проілюстровано динаміку споживання електричної енергії будинком за період 2007 по 2018 р.р. Початок будівництва 2010 рік, закінчення будівництва та введення в експлуатацію 2011 рік. З 2012 по 2015 рік в будинку не було реалізовано повноцінна система опалення, а було лише точкове, зокрема, опалювались декілька кімнат електричними пристінними конвекторами та дров'яним каміном конвекційного типу розташованим в центрі будинку. В подальшому в роботі будуть розглядатися та аналізуватися споживання за період 2016, 2017 та 2018 роки, саме в цей час будинок опалювався повноцінною системою опалення – «Тепла підлога» від проточного електродного котла ТМ «Обрій», встановленою номінальною потужністю 4 кВт.

Рисунок 2.2 – Вихідні дані по споживанню електричної енергії будинком.



На рисунку 2.3 можемо побачити порівняння споживання електричної енергії будинком за три останні роки (2016, 2017 та 2018 рік), форма та характер графіку споживання електроенергії залишаються однаковими, проте присутні зміни в величій амплітуди цих значення, це обумовлено багатьма факторами що впливають на споживання електроенергії на опалення та побудовами приладами, зокрема, істотно суттєво впливає: зовнішня температура на вулиці (ГД- Градусо Доби), пістійно змінна кількість мешканців, внутрішня температура повітря, зношеність обладнання, людській фактор використання побутових приладів та інші фактори.

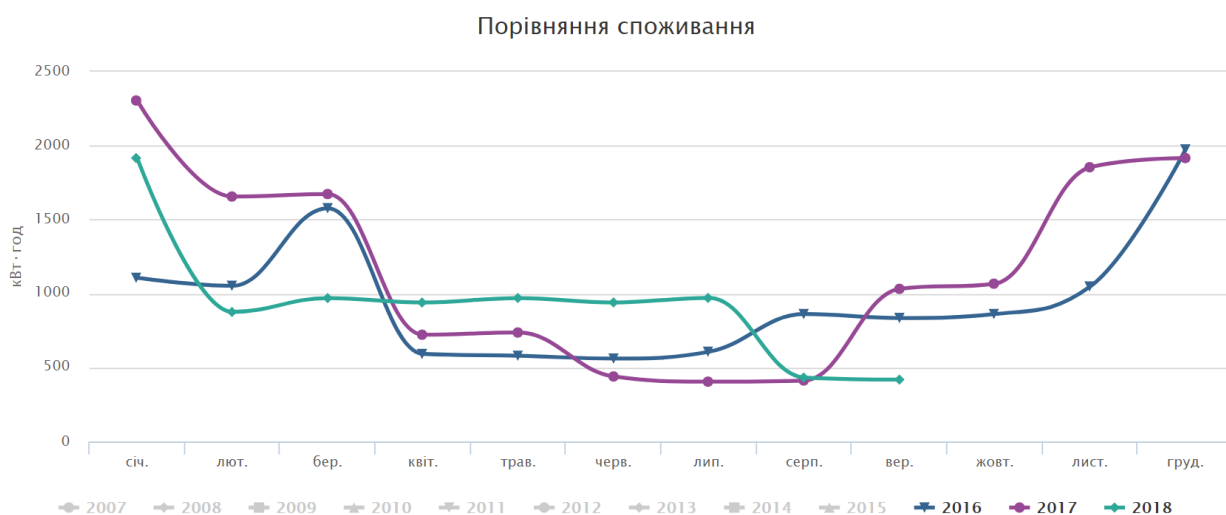


Рисунок 2.3 – Порівняння споживання електричної енергії будинком

На рисунках 2.4-2.6 маємо змогу побачити динаміку зміни споживання електричної енергії на опалення в зимовий період та побутовими електроприладами, що в подальшому дає можливість визначити базовий рівень споживання енергії житловим будинком. До 2017 року розрахунок за спожиту електричну енергію відбувався за одно ставковим тарифом на електричну енергію. В 2017 році було розроблено проект електричного опалення будинку, збільшено приєднану потужність до 18 кВт, та встановлено лічильник електричної енергії, якій було запрограмована для розрахунку за спожиту енергію за двома зонами, день – Шкала № 1 та нічний провал – Шкала № 2.



Рисунок 2.4 – Споживання електроенергії за 2016 рік за місяцями



Рисунок 2.5 – Споживання електроенергії за 2017 рік за місяцями

Рисунок 2.6 – Споживання електроенергії за 2018 рік за місяцями

2.2 Аналіз системи моніторингу споживання електроенергії побутовими споживачами

Окремо на будинок було встановлено технічний облік електричної енергії, що дало можливість відслідковувати окремо споживання всіх побутових приладів в будинку.

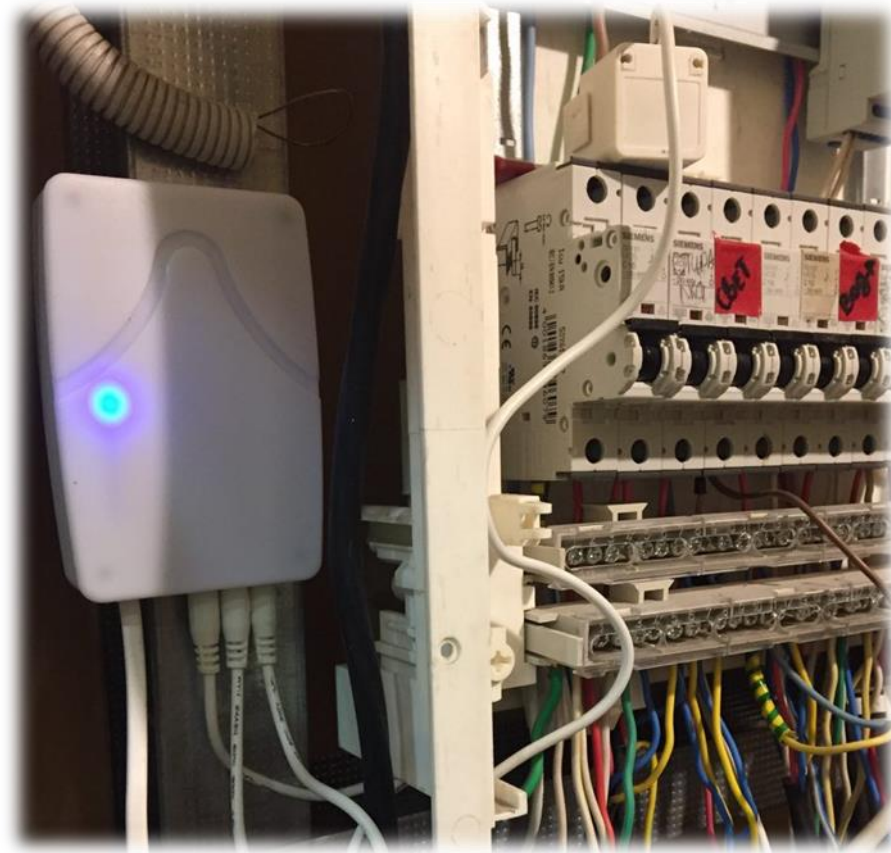


Рисунок 2.7 – Розміщення «розумного лічильника електроенергії» в розподільчій шафі будинку.

Встановлений прилад Mirubee MIRUBOX V2 MONO, це прилад що складається з трансформаторів струму (ТС) та напруги (ТН), за допомогою бездротової мережі WiFi передає данні по-секундного споживання електричної енергії приладами. Даний прилад має три канали збору даних споживання е.е., тобо три ТС що знімають показання навантаження на конкретній лінії. Після збору даних за добу даний прилад за допомогою математичних алгоритмів, виконує обчислення та розподіл споживачів по конкретному побутовому приладу.

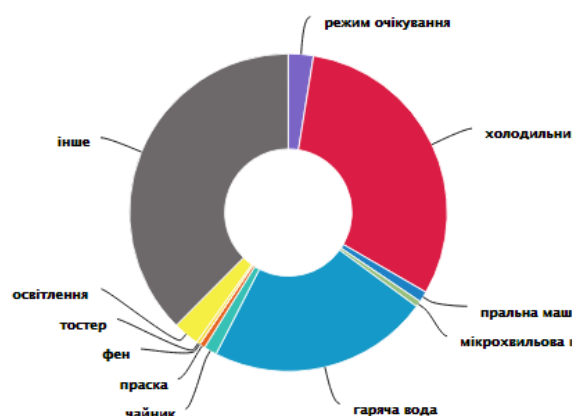
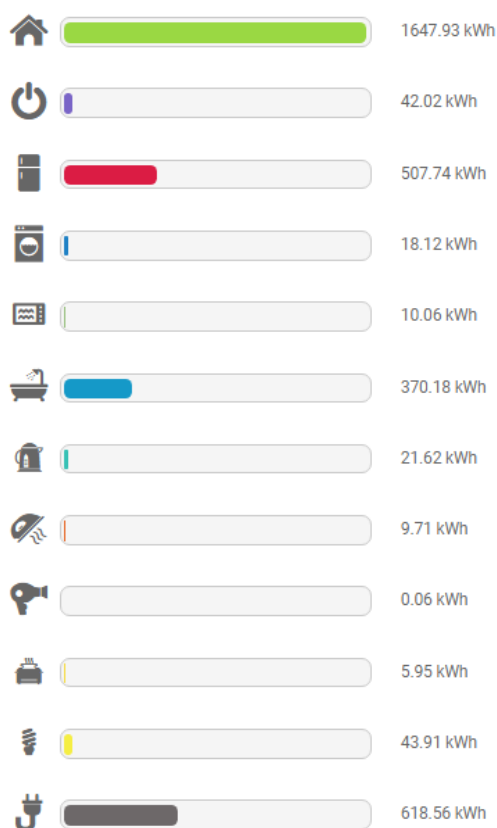


Рисунок 2.8 – Розподіл споживаних кВт·годин побутовими приладами за 2018 рік

За допомогою такого моніторингу, маю можливість визначити найсуттєвіших споживачів електричної енергії. В ході електричних вимірювань за 2018 рік, найбільш суттєвими побутовими споживачами є: 53 % від загального споживання побутових приладів займає бойлер, 36% робота холодильника, режим очікування та Led освітлення по 3%. Решту відстоків займають не визначенні приладом споживачі, такі як ПК, телевізор, фен та ін.

НАЙБІЛЬШ ЧАСТО ВИКОРИСТОВУВАНІ ПРИЛАДИ

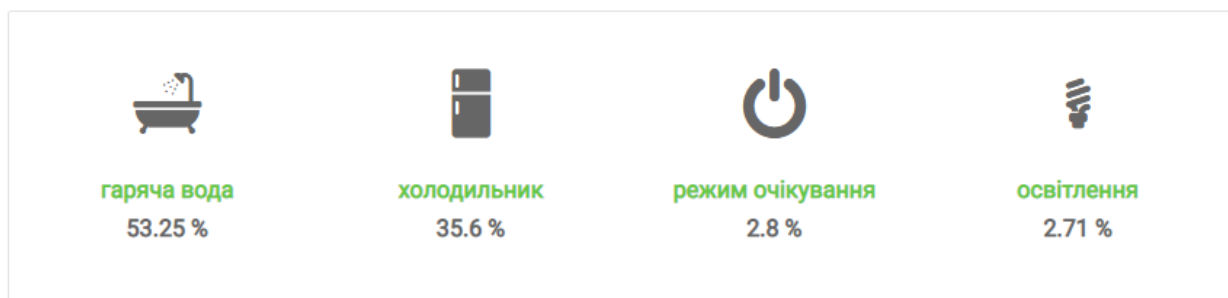


Рисунок 2.9 – Найбільш суттєві споживачі

За допомогою цього приладу було знято добові графіки електричного навантаження, що в подальшому будуть необхідні для підбору та розрахунку гібридної сонячної електростанції з можливістю акумуляування, генерації електричної енергії в загальну мережу та живленням інженерного обладнання, таких як тепловий насос, систему припливно-витяжної вентиляції та іншого обладнання.

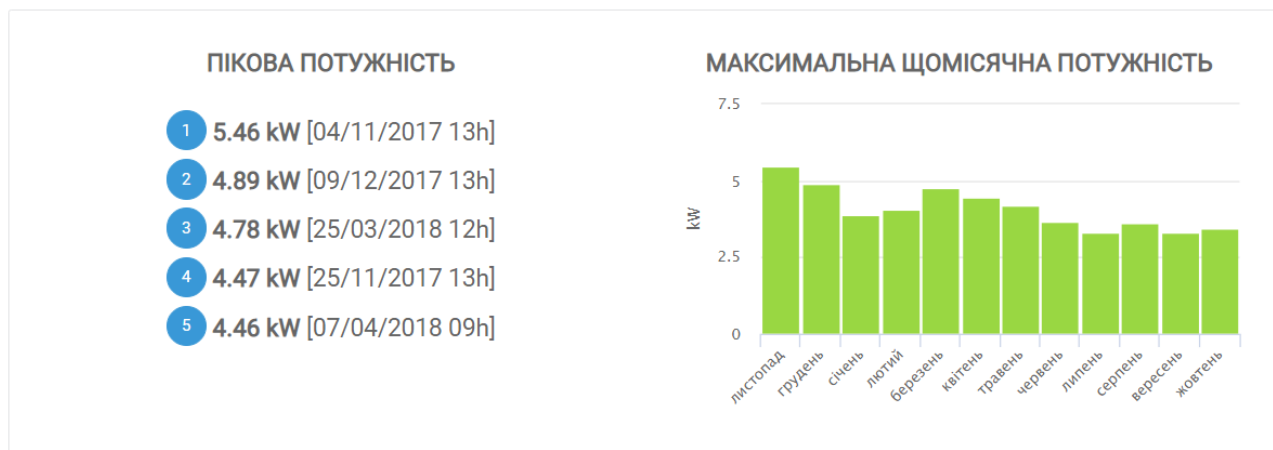


Рисунок 2.10 – Зафіксовані максимуми навантаження, побутовими споживачами.

Режими споживання електроенергії окремих споживачів та енергосистеми в цілому характеризуються графіками електричних навантажень. Ці графіки відображають зміну споживаної потужності на певному періоді часу (місяць, рік). Від режимів споживання електричної енергії залежать режими роботи енергетичних установок: основного обладнання електричних станцій, ліній електропередач та трансформаторних підстанцій. Розрізняють звітні і перспективні графіки навантаження споживачів. Звітні графіки призначені для аналізу режимів роботи енергосистеми в процесі експлуатації. Зазвичай зображуються у вигляді неперервної кривої або ламаної лінії. Перспективні графіки призначені для планування роботи і проектування окремих енергетичних об'єктів та енергосистем. Перспективні графіки отримують розрахунковим шляхом. Для зручності використання, їх прийнято зображувати у вигляді ступінчатої лінії, яка складається з 24 горизонтальних ділянок, відповідно до навантаження кожної години електроспоживання (добовий графік). Або

дванадцяти ділянок, які відповідають максимальному та середньому навантаженню кожного місяця (річний графік). Добовий графік характеризується такими показниками як, максимальне та мінімальне навантаження (P_{\max} і P_{\min}), середньодобове навантаження ($P_{\text{ср}}$), коефіцієнт нерівномірності навантаження ($\alpha_{\text{доб}}$), щільність графіку навантаження($\beta_{\text{доб}}$).

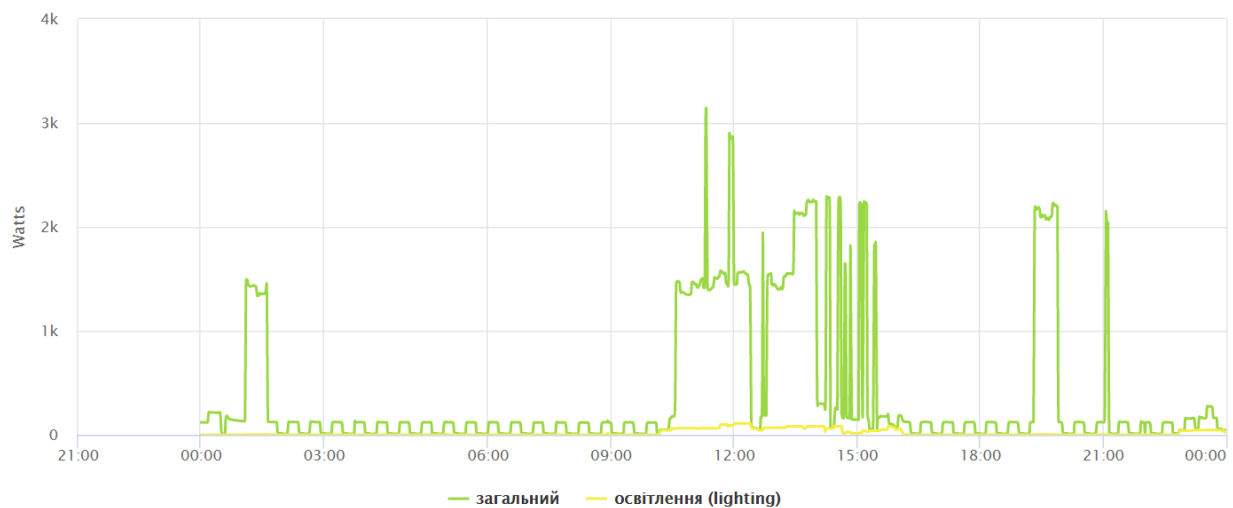


Рисунок 2.11 – Добовий графік навантаження за 28.10.2018

2.3 Характеристика індивідуальної будови

На рисунку 2.12 зображений проект власного будинку 2010 року побудови та прибудинкова територія, який я обрав для розрахунків в магістерській



дисертації.

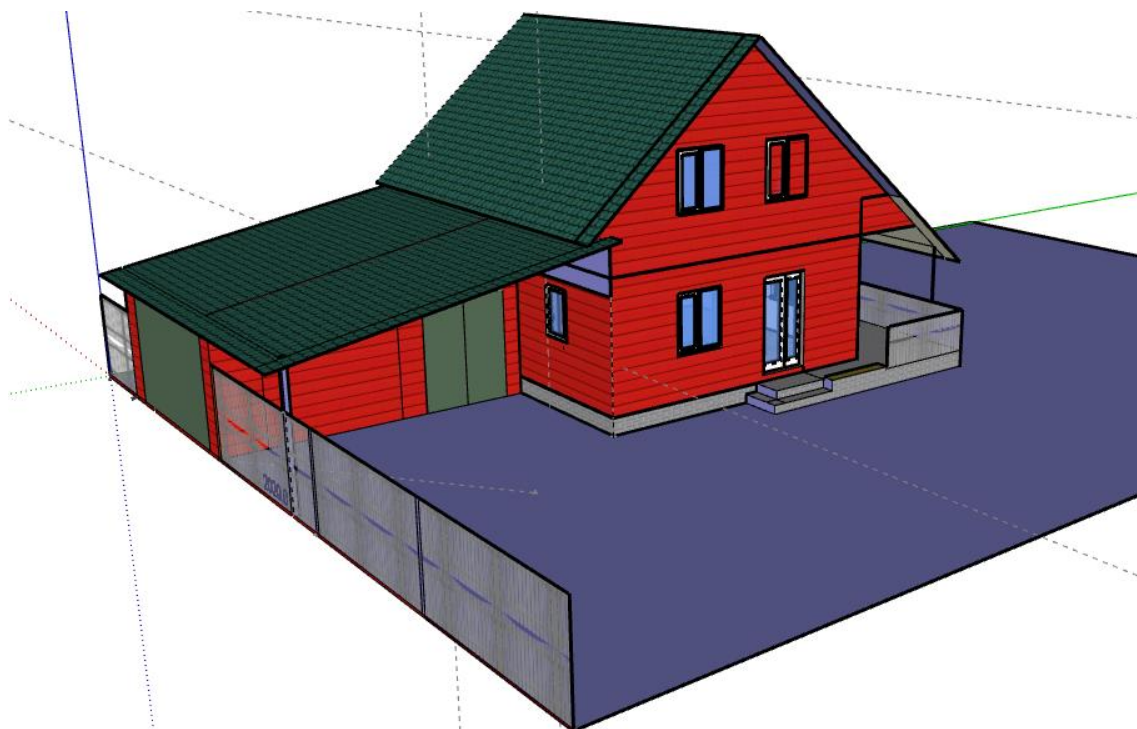


Рисунок 2.12 – Зовнішній вигляд будинку та прибудинкової території.



Рисунок 2.13 – План першого поверху будинку.

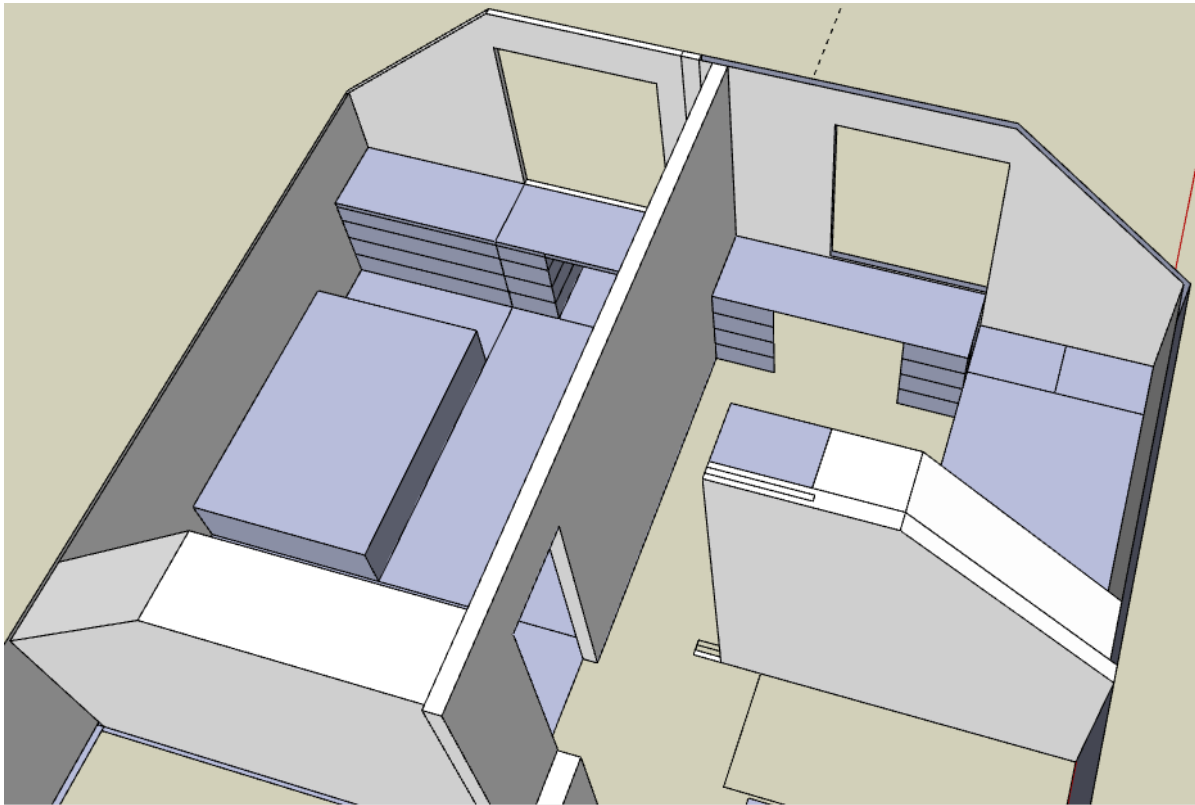


Рисунок 2.14 – План першого поверху будинку.

Двох поверховий житловий будинок, опалювальною площею 125 м², знаходиться в Дарницькому районі місті Києва по вулиці Садовій 52, будинок №46. Проект будинку виконано згідно канадської технології каркасного будівництва, основні фасади будинку зорієнтовано на Пд та Пд-Зх. На рисунку 2.15 та 2.16 зображено розрізи основних конструкцій будинку.

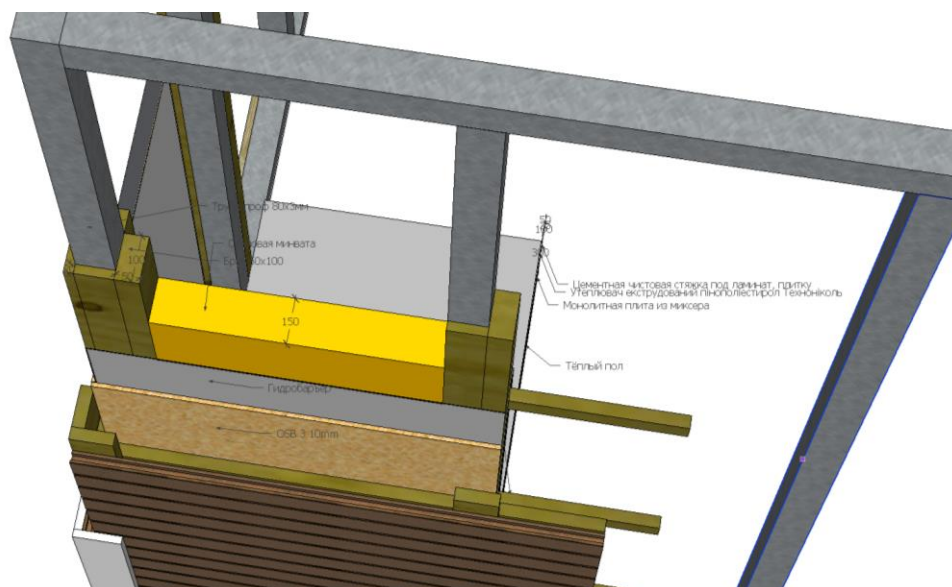


Рисунок 2.15 – Вертикальні розрізи зовнішньої стінки

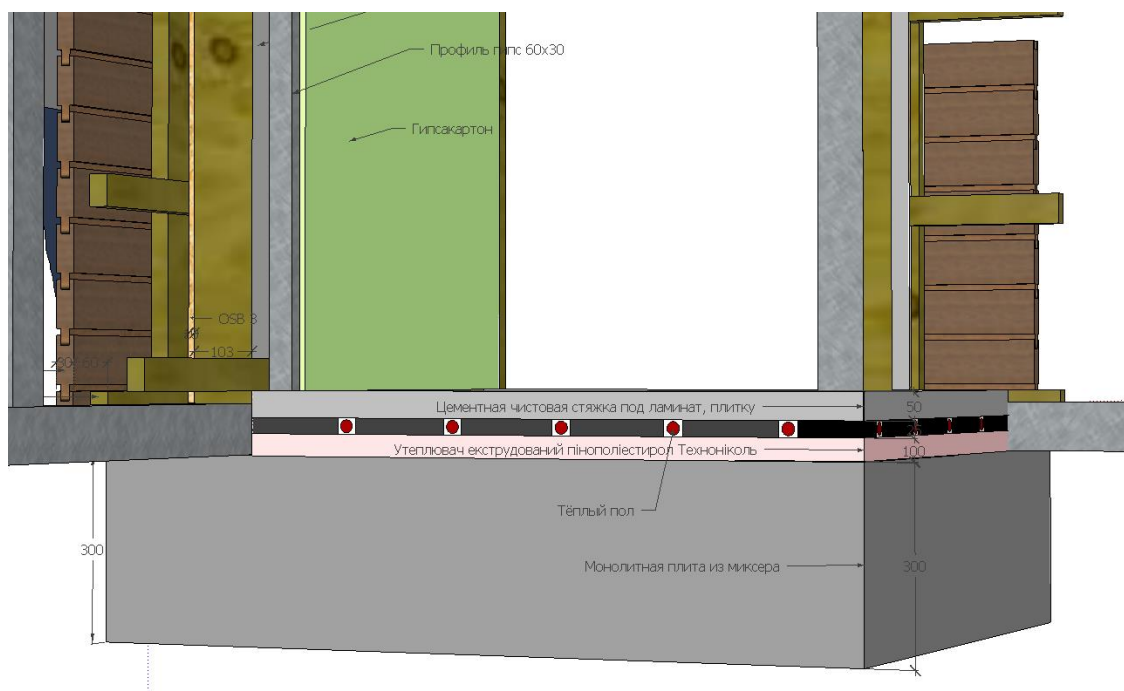


Рисунок 2.16 – Вертикальний розріз конструкції підлоги в будинку

Конструкція підлоги має свої особливості, зокрема, під всією забудовою будинку вилита монолітна плита 300 мм в яку вмуровані закладні для побудови каркасу будинку, теплення підлоги виконано 100 мм утеплювачем, а саме екструдером ТМ Техноніколь з коефіцієнтом теплопровідності 0,034 (Вт/м·К), чистова підлога вилита завтовшки 80 мм та підлога обмурована керамічною плиткою, для забезпечення високої тепловіддачі від системи «тепла підлога».

Вся площа першого поверху будинку облаштовано системою низькотемпературного поверхневого опалення «тепла-підлога», що є будинку основною інженерною системою опалення.

Джерелом забезпечення теплової енергії в будинку є електричний котел, номінальною тепловою потужністю 4 кВт, резервним джерелом є конвекційний камін.

Конструкція зовнішніх стін має дещо складну форму, та складається з наступних шарів: фальш-брус 30 мм; вентиляційний прошарок 60 мм; ОСБ плита 12мм; вітрова ізоляція; мінеральна вата ISOVER Каркас-П34, даний матеріал, призначений спеціально для каркасних конструкцій, плити ISOVER Каркас-П34 з коефіцієнтом теплопровідності 0,034 (Вт/м·К), плити випускаються шириною

610 мм, такі розміри забезпечують монтажні припуски для фіксації матеріалів врозпір між елементами каркасу; гідроізоляція, повітряний прошарок, гіпсокартоні стіни.

Конструкція горищного перекриття мансарди виконано з використання гідроізоляційних плівок, мембранного типу, утеплювача ISOVER Профі, товщиною загального шару змонтованого утеплювача 250 мм, та в середині приміщень другого поверху підбито деревиною, а саме стіновою та стельовою вагонкою, завтовшки 12 мм.

Вікна в будинку всі метало пластикові, профільна система чотирьох камерна (товщина профільної системи 60 мм), склопакет однокамерний, заповнений повітрям, дистанційна рамка 16 мм з одним низько емісійним склом (СПД 24 мм).

2.4 Теплотехнічний розрахунок будинку

В холодний період року з приміщення відбуваються втрати теплоти, так як $t_{вн} < t_{зовн}$, щоб їх компенсувати, необхідно спроектувати та підібрати пасивну систему опалення.

Тепловтрати здійснюються через огорожувальні конструкції, що проєлюстровано на рисунку 2.14 (вікна, стіни, підлогу – 1 поверх, мансарду – останній поверх та зовнішні двері).

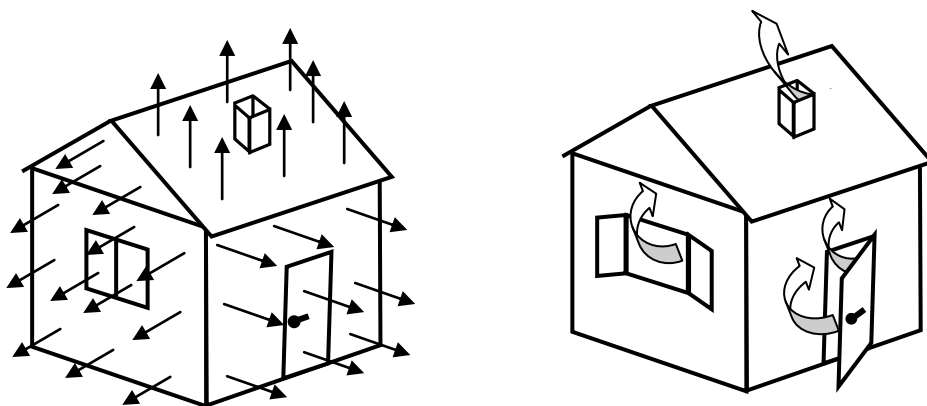


Рисунок 2.17 – Теплові втрати в навколишнє середовище крізь огорожувальні конструкції та вентиляцію.

Згідно [5] виконаємо теплотехнічний розрахунок будинку. Розрахуємо термічні опори та коефіцієнти теплопередачі:

Опір теплопередачі через зовнішні огорожувальні конструкції знаходиться за формулою:

$$R_{\text{ог.конст.}} = \frac{1}{\alpha_3} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}}, \quad (2.1)$$

де λ_i - коефіцієнт теплопровідності відповідного шару, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$;

δ_i - товщина відповідного шару, м;

$\alpha_{\text{вн}}$ - коефіцієнт тепловіддачі із внутрішньої сторони будівлі, що залежить від типу конструкції, так для зовнішніх стін, $\alpha_{\text{вн}} = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;

α_3 - коефіцієнт тепловіддачі від стін зовнішньому середовищу,
 $\alpha_3 = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Коефіцієнт теплопередачі стіни знаходиться за формулою:

$$U = \frac{1}{R_{\text{ог.конст.}}}. \quad (2.2)$$

Втрати теплоти через підлогу, розташовану на ґрунті підраховуються по зонах з урахуванням відстані зон від зовнішніх стін. Смуга підлоги шириною 2 м, паралельна лінії зовнішньої стіни, називається зоною. Найближча до зовнішньої стіни зона вважається першою, подальші — другою і третьою, а вся решта частини підлоги — четвертою. Частина площі першої зони (2x2 м), яка прилягає до кута зовнішніх стін, має підвищені тепловтрати і враховується

двічі.

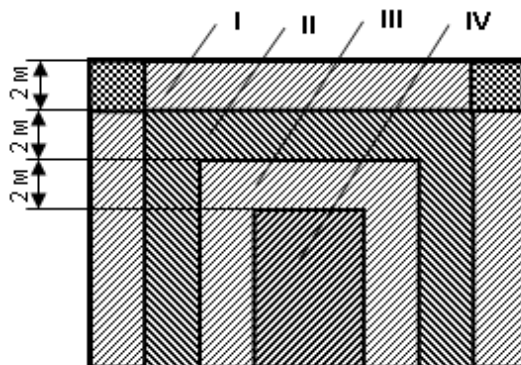


Рисунок 2.18 – Визначення теплових втрат крізь підлогу

Для окремої зони утепленої підлоги на ґрунті

$$R_{\text{підлоги}} = R_{\text{н.п.}} + \frac{\delta_{\text{у.ш.}}}{\lambda_{\text{у.ш.}}}, \quad (2.3)$$

де $R_{\text{н.п.}}$ - термічний опір неутепленої підлоги на ґрунті для окремої зони;

$\delta_{\text{у.ш.}}$ - товщина утеплюючих шарів, м;

$\lambda_{\text{у.ш.}}$ - теплопровідності утеплюючих шарів, Вт/(м К).

Тип огорожувальних конструкцій та матеріали з яких вони виготовлені зведені до таблиці, для подальшого розрахунку тепловтрат будинку (навантаження на систему опалення).

Таблиця – 2.2 Зовнішні огорожувальні конструкції.

| Тип огороджуючих конструкцій | δ , м | λ , Вт/(м*К) | R , (м2*К)/Вт | U , Вт/(м2*К) |
|----------------------------------|--------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| 1. Зовнішні стіни | | | | |
| Фальш брус | 0,03 | 0,35 | 5,011 | 0,200 |
| OSB плита | 0,012 | 0,22 | | |
| ISOVER Каркас-П34 | 0,15 | 0,034 | | |
| Повітряний зазор | 0,02 | 0,03 | | |
| Гіпсокартон | 0,012 | 0,21 | | |
| 2. Горищне перекриття | | | | |
| дерево (хвойне, поперек волокон) | 0,012 | 0,35 | 7,097 | 0,141 |
| ISOVER Профі | 0,25 | 0,037 | | |
| Повітряний бар'єр | 0,03 | 0,19 | | |
| Дах-металочерепиця | 0,003 | 50 | | |
| 3. Підлога | | | | |
| Чорновий бетон(суцільна подушка) | 0,3 | 1,86 | 3,32 | 0,301 |
| Техноніколь Carbon ECO | 0,1 | 0,034 | | |

| | | | | |
|----------------------------|-------|-------|--|--|
| Алюмфлекс | 0,001 | 0,032 | | |
| Система «тепла-підлога» | 0,016 | - | | |
| Пустотілий бетон | 0,08 | 0,45 | | |
| Плитка керамічна «Ороzsно» | 0,012 | 1,05 | | |

Продовження таблиці 2.2

| | | | | |
|------------------------------------------|---|---|-------|------|
| 4. Вікна | | | | |
| м/п однокамерні 4М1-16-4і | - | - | 0,591 | 1,69 |
| 5. Двері | | | | |
| Металічні противоударні утеплені | - | - | 0,65 | 1,53 |

2.5 Розрахунок тепловтрат будинку

Розрахунок тепловтрат будинку було виконано в програмному продукті Кап ОЗС, звіт з програмного продукту наведено на рисунках 2.19-2.21. Тепловтрати будинку було розраховано відповідно згідно теплотехнічного розрахунку матеріалів конструкції будинку, кліматичних умов розміщення будинку, нормативних параметрів мікроклімату в приміщеннях, орієнтації зовнішніх огорожувальних конструкцій та витрати тепла на вентиляцію приміщень.

Итоги - Ведомость ограждений

| Символ | Описание ограждения | k | F | Qогр | Qрс | Ql | Вид ограждения |
|----------|--------------------------------------|--------|-------|------|---------|---------|------------------------|
| | | Вт/м2К | м2 | Вт | ГДж/год | ГДж/год | |
| ДВЕРІ | | 1.538 | 1.8 | 111 | | | Двери наружные |
| МАНСАРДА | перекрытия та скати мансари | 0.141 | 57.6 | 331 | | | Крыша |
| ОКНА | 4м1-16-4і 4-х камерний профіль 60 мм | 1.692 | 19.5 | 1363 | | | Окно наружное (фонарь) |
| ПІДЛЮГА | | 0.261 | 43.0 | 464 | | | Пол на грунте I зона |
| СТІНА | Каркасні стіни | 0.200 | 124.9 | 1024 | | | Стена наружная |

Рисунок 2.19 – Відомості про зовнішні огорожувальні констуркції

Итоги - Ведомость помещений

| Символ | Описание помещения | Tвн | Qо | Qдоп | F | Куб. | Qf | Qv | Qогр | Qв | N | Vв | d1 | d2 |
|--------|--------------------------|-----|------|------|------|------|-------|-------|------|-----|-----|------|-------|--------|
| | | °C | Вт | Вт | м2 | м3 | Вт/м2 | Вт/м3 | Вт | Вт | л/ч | м3/ч | | |
| 1 | Кухня - Гістьова кімната | 20 | 1708 | 0 | 30.0 | 78 | 57 | 22 | 1177 | 412 | 1.0 | 78 | 0.180 | -0.079 |
| 2 | холл | 18 | 246 | 0 | 6.0 | 16 | 41 | 16 | 218 | 0 | 0.0 | 0 | 0.130 | 0.000 |
| 3 | ванна | 18 | 827 | 0 | 9.0 | 23 | 92 | 35 | 316 | 473 | 2.0 | 47 | 0.150 | -0.030 |
| 4 | спальня | 20 | 493 | 0 | 9.2 | 24 | 54 | 21 | 375 | 126 | 1.0 | 24 | 0.050 | -0.071 |
| 5 | Господарська спальня | 18 | 835 | 0 | 25.0 | 65 | 33 | 13 | 543 | 299 | 1.0 | 65 | 0.050 | -0.063 |
| 6 | дитяча кімната | 20 | 1000 | 0 | 18.0 | 47 | 56 | 21 | 337 | 675 | 1.5 | 70 | 0.050 | -0.086 |
| 7 | гостьова спальня | 18 | 492 | 0 | 12.0 | 31 | 41 | 16 | 277 | 206 | 1.0 | 31 | 0.050 | -0.018 |
| 8 | тамбур | 18 | 120 | 0 | 4.0 | 10 | 30 | 12 | 50 | 69 | 1.0 | 10 | 0.030 | 0.000 |

Рисунок 2.20 – Відомості про тепловтрати в кожному приміщенні та розрахункові параметри при визначенні тепловтрат

| Итоги - Общие | | | |
|-----------------------------------------------|------------------------------------|------------------------|-----|
| Назван. проекта: | Житловий будин | | |
| Расположение..: | Садова 52 будинок 46 | | |
| Проектировщик : | Беспалий Олексій | | |
| Дата расчетов : | Воскресенье ,9 декабря 2018, 10:14 | | |
| Населен. пункт: | Київ | | |
| Климат. зона : | 4 | Темпер. наружная [°C]: | -22 |
| Площадь [м2]: | 113 | Кубатура здания [м3]: | 294 |
| Расчетные теплопотери | Qo[Вт]: | 5721 | |
| Расход тепла на вентиляцию | Qвент[Вт]: | 2259 | |
| Дополнительные теплоступления в помещениях... | Qдоп[Вт]: | 0 | |
| Потребление тепла на м2 поверхности отоплен. | Qf, [Вт/м2]: | 50.5 | |
| Потребление тепла на м3 кубатуры отопления .. | Qv, [Вт/м3]: | 19.4 | |

Рисунок 2.21 – Загальні тепловтрати будинку

Отже, за результатом розрахунку отримали наступні вихідні дані для подальшого дослідження, тепловтрати будинку складають 5,7 кВт, при чому витрата тепла на вентиляцію приміщень складає 2,3 кВт, це говорить про те що в подальшому дослідженні необхідно особливу увагу приділити системі вентиляції, для підвищення рівня енергетичної ефективності будинку. Питома витрата теплової енергії на опалення складає 50,5 Вт/м², що є досить хорошим показником ефективності теплової ізоляції будинку. Надалі потрібно проаналізувати метеорологічні данні для розрахунку енергопотребы на опалення на протязі року.

2.6 Аналіз метеорологічних даних регіону

Кліматологічні дані були отримані з метереологічної станцій аеропорту Жуляни ІЕВ за 2017 рік. Вихідні та приведені таблиці знаходяться у файлі Microsoft Excel (Київ_2017р).

Будуємо графіки температурних умов за звітний період.

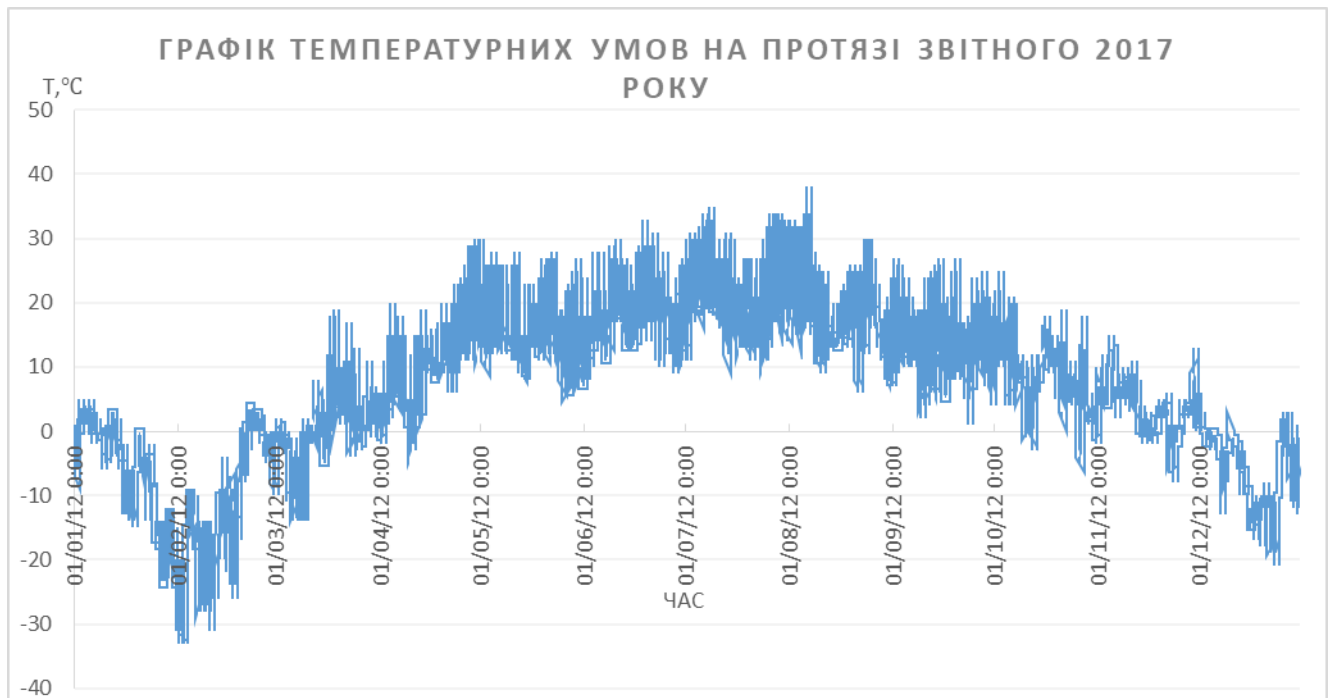


Рисунок 2.19 – Графік температурних умов за 2017 рік

Для розрахунку теплового навантаження на будинок, було зібрані щогодинні данні з метеостанції за опалювальний сезон. Ці дані зведемо до діаграми, що зображена на рисунку 2.20, де наведені статистичні данні тривалості від температури за опалювальний період.

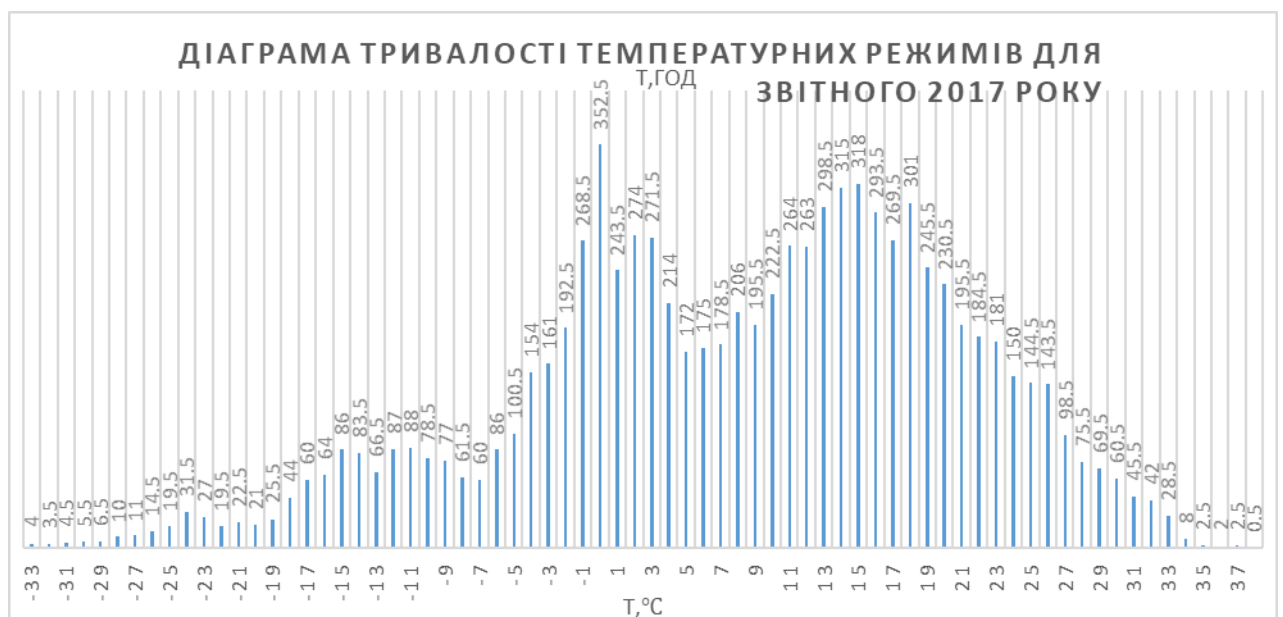


Рисунок 2.20 – Діаграма тривалості температурних режимів для 2017 року.

Залежність тепловтрат будівлі для всього діапазону температур зареєстрованих протягом опалювального періоду зображена на рисунку 2.21 та дані зведені до таблиці 2.3 з тривалістю зареєстрованих температурних режимів.

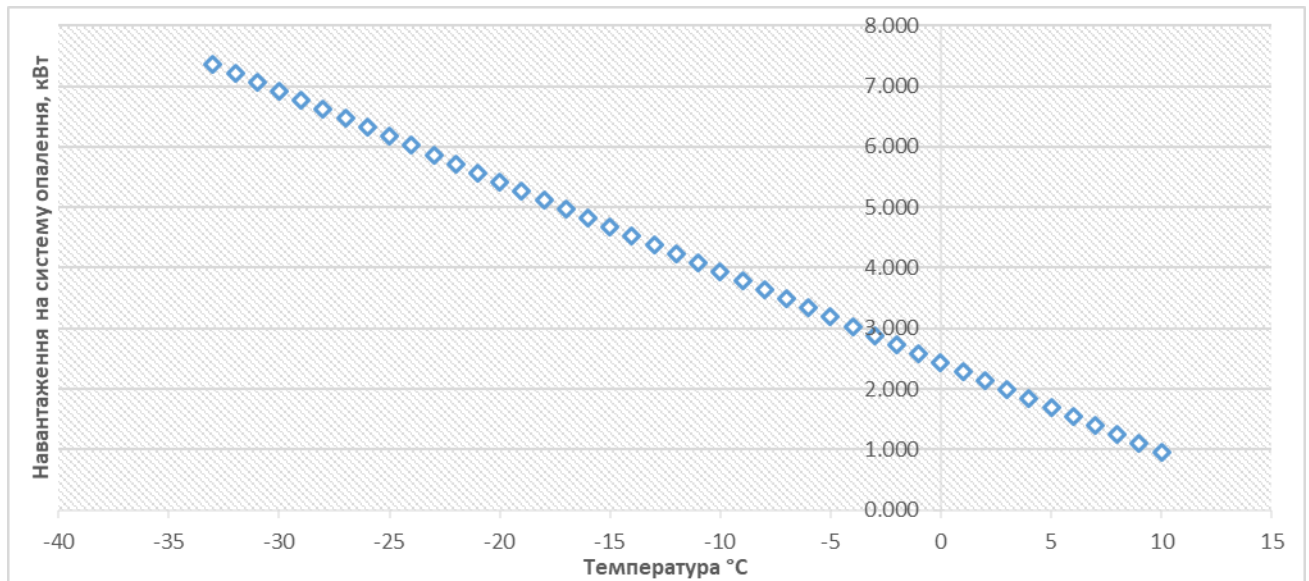


Рисунок 2.21 – Діаграма тривалості температурних режимів для 2017 року.

Таблиця 2.3 – Таблиця залежності тепловтрат від зовнішньої температури та тривалість температурних режимів.

| T, °C | t, год | Q _{т.втр} , кВт | T, °C | t, год | Q _{т.втр} , кВт | T, °C | t, год | Q _{т.втр} , кВт |
|-------|--------|--------------------------|-------|--------|--------------------------|-------|--------|--------------------------|
| -33 | 4 | 7,361 | -19 | 25,5 | 5,274 | -4 | 154 | 3,037 |
| -32 | 3,5 | 7,212 | -18 | 44 | 5,125 | -3 | 161 | 2,888 |
| -31 | 4,5 | 7,063 | -17 | 60 | 4,976 | -2 | 192,5 | 2,739 |
| -30 | 5,5 | 6,914 | -16 | 64 | 4,826 | -1 | 268,5 | 2,590 |
| -29 | 6,5 | 6,765 | -15 | 86 | 4,677 | 0 | 352,5 | 2,441 |
| -28 | 10 | 6,616 | -14 | 83,5 | 4,528 | 1 | 243,5 | 2,292 |
| -27 | 11 | 6,466 | -13 | 66,5 | 4,379 | 2 | 274 | 2,143 |
| -26 | 14,5 | 6,317 | -12 | 87 | 4,230 | 3 | 271,5 | 1,994 |
| -25 | 19,5 | 6,168 | -11 | 88 | 4,081 | 4 | 214 | 1,845 |
| -24 | 31,5 | 6,019 | -10 | 78,5 | 3,932 | 5 | 172 | 1,695 |
| -23 | 27 | 5,870 | -9 | 77 | 3,783 | 6 | 175 | 1,546 |
| -22 | 19,5 | 5,721 | -8 | 61,5 | 3,634 | 7 | 178,5 | 1,397 |
| -21 | 22,5 | 5,572 | -7 | 60 | 3,485 | 8 | 206 | 1,248 |
| -20 | 21 | 5,423 | -6 | 86 | 3,336 | 9 | 195,5 | 1,099 |
| | | | -5 | 100,5 | 3,186 | 10 | 222,5 | 0,950 |

2.7 Моделювання процесів споживання теплової енергії на опалення

Моделювання розрахункових витрат на систему опалення виконаємо за допомогою раніше визначених тепловтрат на будинок, кліматологічних даних, особливостей низькотемпературної системи опалення. Звіт з моделювання зведений в табличну форму, нижче, придатну для подальшої обробки. За результатами моделювання, розрахункове енергоспоживання за опалювальний сезон становлять $9,039 \cdot 10^3$ [кВт·год], розрахункова теплова потужність системи опалення складає 5,712 [кВт].

Таблиця 2.4 – Вихідні кліматологічні дані для моделювання

| Назва параметру | Отримані значення в ході моделювання |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Розрахункові параметри</i> | |
| Розрахункова температура внутрішнього повітря, [°C] | 20 |
| Розрахункова температура зовнішнього повітря, [°C] | -22 |
| Тривалість опалювального періоду, [доба] | 176 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Середня температура зовнішнього повітря, [C] | -0,10 |
| Розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду, [C * доба] | 3538 |
| Тип проекту | Індивідуальне будівництво |
| Орієнтація фасадів будинку | Орієнтація фасадів за чотирма сторонами світу |
| Система опалення | Автономна |

Продовження таблиці 2.4

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Тип заповнення світлового прорізу | Однокамерні склопакети в одинарних плетіннях з 4і скла |
| Вид матеріалу плетіння | Дерев'яний або ПВХ профіль |
| Середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період, [год-1] | 1,36 |
| Величина побутових теплонадходжень на 1 м ² | 10,00 |

Таблиця 2.5 – Геометричні показники будинку

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку, [м ²] | 266,51 |
| В тому числі | |
| - стін, [м ²] | 118,00 |
| - вікон і балконних дверей, [м ²] | 18,01 |
| - вхідних дверей та воріт, [м ²] | 1,80 |
| - горищних перекриттів (холодного горища), [м ²] | 65,70 |
| - підлоги по ґрунту, [м ²] | 63,00 |
| Площа опалюваних приміщень, [м ²] | 113,00 |

| | |
|------------------------------------------------------|--------|
| Площа житлових приміщень і кухонь, [м ²] | 113,00 |
| Опалюваний об'єм, [м ³] | 293,00 |
| Коефіцієнт скління фасадів будинку | 0,13 |
| Показник компактності будинку | 0,91 |

Таблиця 2.6 – Орієнтація та площа світло прозорих конструкцій

| | |
|---------------------------------------------------------------------|------|
| Площа світлопрозорих елементів 1 фасаду (Пн/ПнЗ), [м ²] | 1,86 |
| Площа світлопрозорих елементів 2 фасаду (С/ПнС), [м ²] | 3,36 |
| Площа світлопрозорих елементів 3 фасаду (Пд/ПдС), [м ²] | 5,04 |
| Площа світлопрозорих елементів 4 фасаду (З/ПдЗ), [м ²] | 7,75 |

Таблиця 2.7– Розрахункові приведені коефіцієнти теплопередачі

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку, [Вт / (м ² * К)] | 0,31 |
| Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, [Вт/(м ² ·К)] | 0,36 |
| Загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, [Вт/(м ² ·К)] | 0,67 |

Таблиця 2.8 – Енергетичні показники моделювання

| <i>Енергетичні показники моделювання</i> | |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Розрахункові питомі тепловитрати, [кВт·год / м ²] | 72,31 |
| Загальні тепловитрати будинку через огорожувальну оболонку будинку, [кВт·год] | 1,51·10 ⁴ |
| Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, [кВт·год] | 4,77·10 ³ |
| Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального | 1,30·10 ³ |

| | |
|--------------------------------------------------|--------------------|
| періоду, [кВт·год] | |
| Розрахункові витрати теплової енергії, [кВт·год] | $9,039 \cdot 10^3$ |

2.8 Моделювання процесів споживання електроенергії на потреби ГВП

Метою розрахунку є визначення внеску систем опалення та ГВП в оцінку річного енергоспоживання на потреби гарячого водопостачання. Вихідні дані для розрахунку системи ГВП приведені до таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Вихідні дані

| | |
|---------------------------------------------|-------|
| Максимальна температура подачі гарячої води | 53 °C |
| Температура води на вході | 10 °C |

До таблиці 2.10 зведено оціночне споживання ГВП відповідно до добового навантаження на систему ГВП, з фіксованою кількістю проживаючих в будинку. Витрату енергії на ГВП було розраховано відповідно до EN16147 .

Таблиця 2.10 – Шаблон споживання гарячої води споживачем

| Призначення | Температура води, °C | Разове споживання гарячої води, л | Енерговитрати за день, кВт | Кількість спрацьовувань в день, шт. | Споживана потужність, сумарна, кВт | Сумарний обсяг, л |
|-------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| Умивання | 40 | 2,1 | 0,11 | 16 | 1,68 | 33,6 |
| На поверх | 40 | 2,1 | 0,11 | 1 | 0,11 | 2,1 |
| Вологе прибирання | 55 | 2,1 | 0,11 | 2 | 0,21 | 4,2 |
| Миття посуду мале | 55 | 6,31 | 0,32 | 1 | 0,32 | 6,3 |
| Миття посуду | 55 | 8,41 | 0,42 | | 0,0 | 0,0 |

| | | | | | | |
|----------------------------------------------|----|-------|------|---|------|-------|
| середнє | | | | | | |
| Миття посуду довге | 55 | 14,72 | 0,74 | 1 | 0,74 | 14,7 |
| Передпокій | 40 | 10,52 | 0,53 | | 0,0 | 0,0 |
| Витрата на душ | 40 | 28,04 | 1,4 | 2 | 2,80 | 56,1 |
| Витрата на ванну | 40 | 72,2 | 3,61 | | 0,00 | 0,0 |
| Всього за день (при $t=53^{\circ}\text{C}$) | | | | | 5,85 | 117,1 |

Отже за цим розрахунком, бачимо що добове навантаження на систему ГВП будинку складає 5,85 кВт·год/добу, та загальна витрата на виході 117,1 л гарячої води. Тобто на протязі року навантаження на систему ГВП складає 2133,46 кВт·год/рік.

2.9 Визначення базової лінії споживання електричної енергії на потреби опалення та ГВП

Базовий рівень енерговикористання є основою для порівняння рівнів енергоефективності. Це еталон, відносно якого можу́т оцінити зміни в енергоефективності. Базовий рівень енерговикористання показує, яким був би показники енергоефективності будинків, якби не було вжито ніяких заходів щодо їхнього вдосконалення. Один і той самий базовий рівень енерговикористання може бути використано для кількох показників енергоефективності.

Таблиця 2.11 – Розрахункові показники енергоспоживання будинком енергії на опалення та ГВП

| | | |
|--------------------------------------|---------------------|---------|
| Енергопотреба будинку в ГВП, кВт·год | $W_{\text{пр.гвс}}$ | 2133,46 |
|--------------------------------------|---------------------|---------|

| | | |
|----------------------------------------------|-----------------------|---------|
| Енергопотреба будинку в опаленні, кВт·год | $W_{\text{опалення}}$ | 9038,78 |
| Питоме енергоспоживання кВт·г/м ² | $W_{\text{питоме}}$ | 89,37 |

На рисунку 2.22 показано базовий рівень споживання енергії по місячно

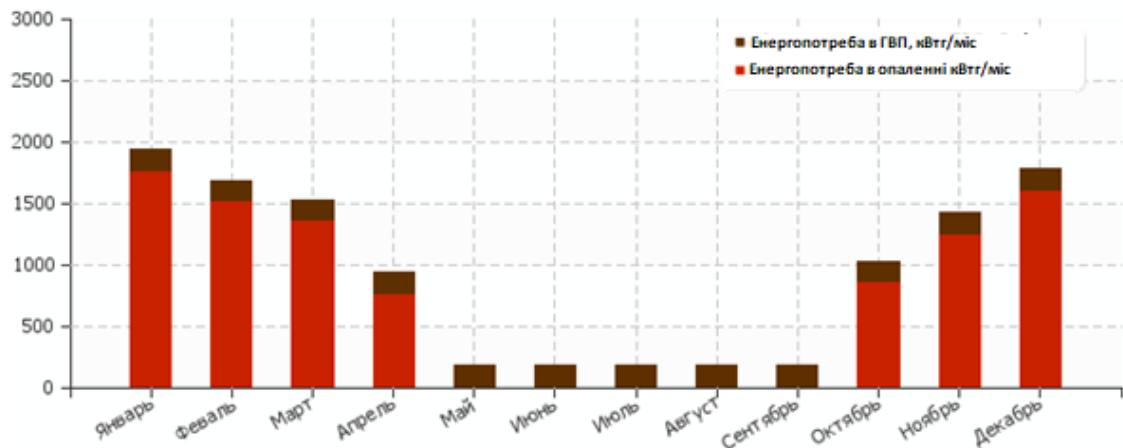


Рисунок 2.22 – Базовий рівень споживання енергії

Висновки по розділу 2

У даному розділі було розглянуто методи оцінки споживання теплової та електричної енергії житловим будинком. Проаналізовано графіки споживання електричної енергії житловим будинком, а також, проаналізовано споживання електричної енергії побутовими електроприладами в будинку, що впливають на споживання будинку та визначення попиту на опалення та гаряче водопостачання. Було проведено теплотехнічний розрахунок, розраховані коефіцієнти теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій, та на основі отриманих даних було проведено моделювання попиту будинку в тепловій енергії на опалення. Моделювання процесів попиту електроенергії на потреби ГВП дало змогу оцінити загальний базовий рівень енергоспоживання житловим будинком, що складає 89 кВт·год / м² опалювальної площі. Фактичний стан інженерних систем яким оснащено будинок, можна віднести до категорії енергоощадності житлових будинків «Будівля низького споживання енергії».

Наступним етапом дослідження є заміна інженерного обладнання будинку на сучасні енергоефективні рішення згідно «Концепції пасивного будинку».

3 МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СПОЖИВАЧІВ ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

3.1 Загальний опис моделювання процесів енергоспоживання

Проектування «пасивного будинку» будівлі згідно з принципами системного аналізу може включати в себе три основні етапи:

- побудову математичної моделі тепломасообмінних процесів в будівлі;
- вибір цільової функції, тобто граничних умов і формулювання оптимізаційної задачі залежно від цілі оптимізації;
- розв’язання поставленої оптимізаційної задачі.

Схема взаємодії функціонування елементів будинку, як енергетичної системи споживання електроенергії та теплової енергії, наведена на рисунку 3.1. Основними чинниками, що впливають на формування теплового режиму і відповідного енергетичного класу будинку (питомого споживання енергії на опалення, охолодження та ГВП) здійснюють його інженерні системи. Від властивостей цієї енергетичної підсистеми залежить вибір параметрів підсистеми опалення, охолодження та ГВП.

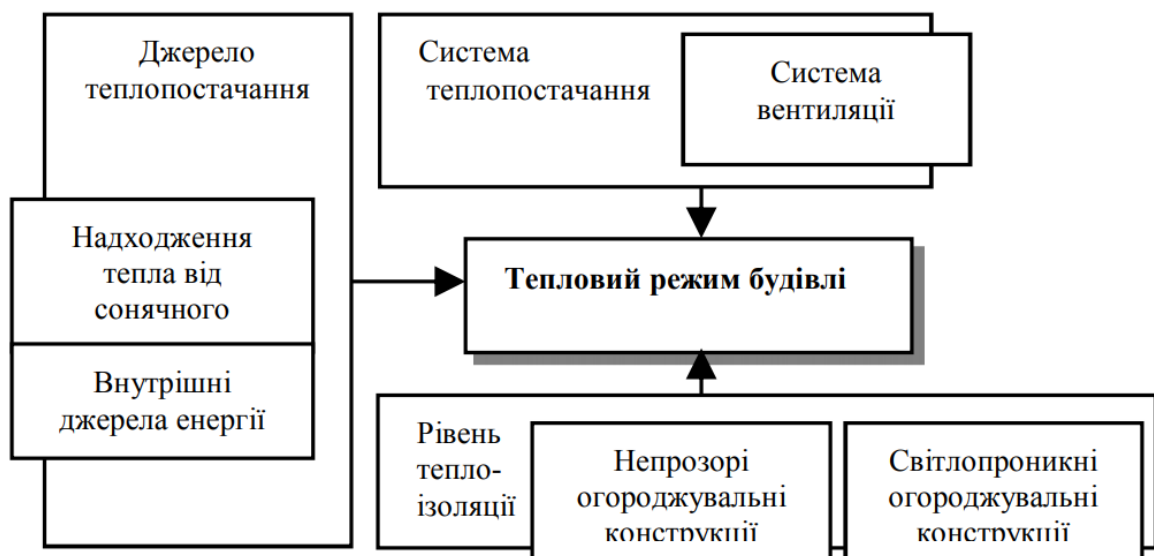


Рисунок 3.1 – Взаємодія підсистем будинку

Процесу моделювання енергоспоживання будівлі передуює безпосередньо енергетичне обстеження, першим етапом якого є збір даних. Наведемо схему

основних етапів та факторів, що передують моделюванню енергоспоживання будівлі. Вже після оцінки існуючого стану необхідно розробляти методи що будуть спрямовані на підвищення ефективності використання енергії.

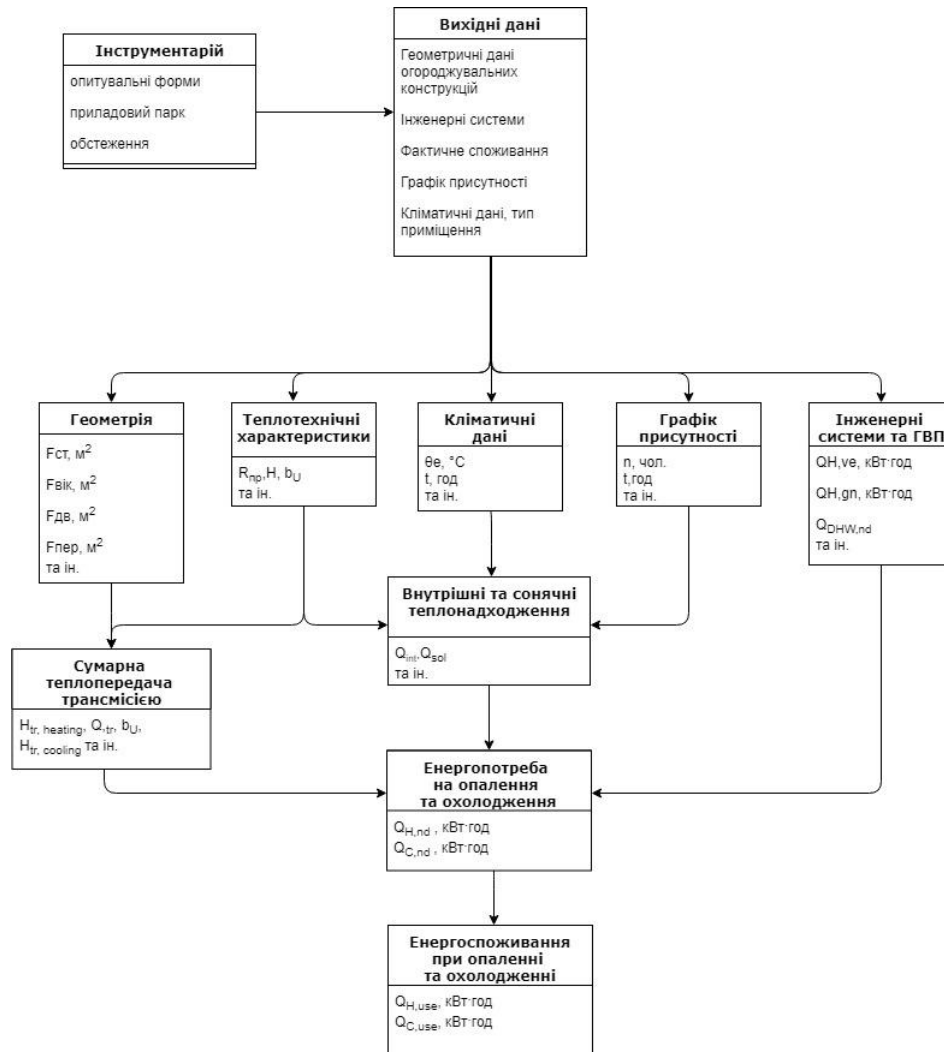


Рисунок 3.1 – Основні етапи та фактори, що передують моделюванню

Для збільшення енергоефективності пасивного будинку застосовується ряд інженерних рішень, спрямованих на зменшення споживання зовнішньої енергії – геліоколектори для приготування гарячої води від енергії сонця так і теплові насоси, геотермальні вентиляційні установки, і на виробництво електроенергії – комплекти сонячних електростанцій.

Геліоколектори, що дозволяють максимально використовувати сонячне випромінювання для нагрівання води, забезпечують пасивний будинок гарячим водопостачанням у весняно-літній-осінній період, а так само можуть підтримувати систему низькотемпературного опалення – тепла підлога, якою обладнано будинок.

Тепловий насос високоефективно використовує потенціал навколишнього середовища – повітря, землі, води, що має змогу отримати на виході з системи в три–чотири рази більше теплової енергії, ніж витрачається електричної енергії в традиційному вигляді. Максимальна ефективність теплового насосу досягається при спільній роботі з низькопотенційними системами опалення, такими як: фанкойли, теплою підлогою та теплими стінами.

Сонячні батареї і вітряні генератори, перетворюючи в електроенергію сонячне випромінювання і енергію вітру, дозволяють зробити пасивний будинок нульовим. А якщо їх продуктивність енергії вище споживання пасивного будинку, то і активним, при чому з набагато меншими встановленими потужностями, а значить, і вартістю системи, ніж знадобилося б звичайному будинку.

Застосування таких систем, як геліоколектори, тепловий насос, геотермальна рекуперація повітря, веде до відмови від традиційних способів опалення – радіаторів, батарей, котлів, камінів, дров'яних печей з їх низькою ефективністю.

У випадку, коли реалізація оптимального рішення неможлива з тих чи інших причин, в [8;9] запропоновано ввести показник h , що характеризує ступінь відмінності реалізованого рішення від оптимального і є показником енергетичної ефективності проектного рішення. За визначенням:

$$h = PE\Phi / Q_{np}, \quad (3.1)$$

де $PE\Phi$ – витрата вторинної енергії на створення необхідного мікроклімату в приміщеннях «пасивної будівлі»;

Q_{np} – фактична витрата енергії на створення мікроклімату в приміщеннях будівлі, прийнятого до дослідження.

З урахуванням прийнятого поділу математичної моделі теплового режиму будинку, як єдиної теплоенергетичної системи на три взаємозалежних під моделі можна записати:

$$h = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3, \quad (32)$$

де p_1 – показник теплоенергетичної ефективності оптимального обліку впливу зовнішнього клімату на будівлю;

p_2 – показник теплоенергетичної ефективності оптимального вибору тепло- і сонцезахисних характеристик зовнішніх огорожувальних конструкцій;

r_3 – показник теплоенергетичної ефективності оптимального вибору систем забезпечення мікроклімату.

В роботі я буду досліджувати лише третю складову, за допомогою якої можливо найраціональніше підвищити ефективність функціонування житлового будинку та наближення моделі споживання до «пасивних будинків».

На рисунку 3.2 зображені досліджувані в подальшому технології

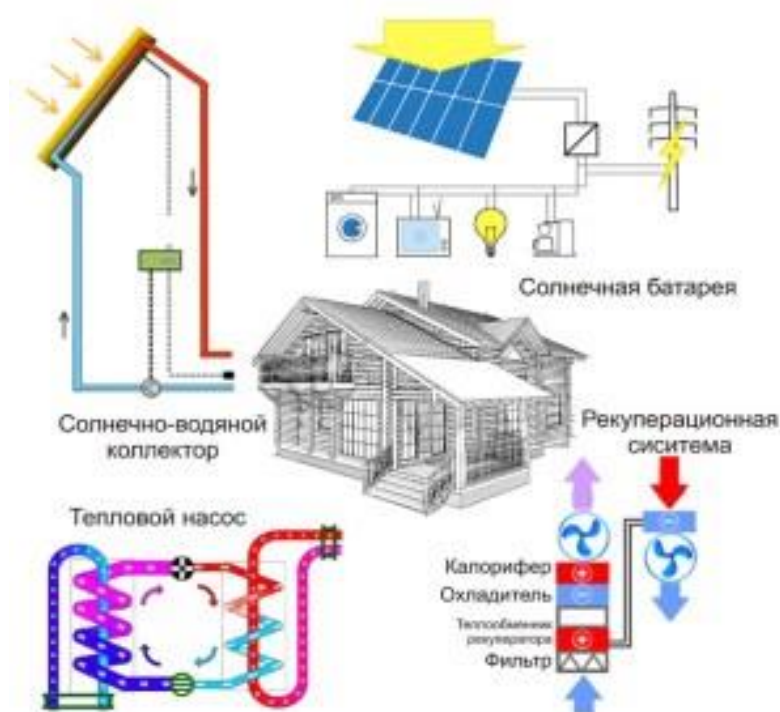


Рисунок 3.2 – Обрані інженерні технології згідно «Концепції пасивний будинок»

3.2 Теплонасосні технології на потреби опалення та ГВП

Ефективність функціонування господарського комплексу будь-якого регіону визначається, перш за все, ступенем досконалості системи його енергозабезпечення. Тенденції розвитку світової економіки (і України в тому числі) висувають питання економічності і надійності енергопостачання на перше місце. Теплові насоси відповідають вимогам сучасності, так як можуть безмежно використовувати доступне тепло навколишнього середовища. Разом з цим вони забезпечують максимальну ефективність системи опалення при низьких експлуатаційних витратах.

Переваги теплових насосів:

- Теплові насоси відрізняються екологічністю, адже в порівнянні з системами опалення, які працюють на викопних видах палива, вони не викидають в атмосферу CO₂.

- Теплові насоси відрізняються низькими експлуатаційними витратами.

- Теплові насоси універсальні в застосуванні. Вони функціонують як з опаленням типу «тепла підлога», так і в комбінації з нагрівальними приладами такими як: фанкоїл, радіатор. Так само вони можуть працювати влітку в режимі охолодження (для кондиціонування приміщення).

На рисунку 3.3 представлено гідравлічну схему підключення теплового насосу HITACHI RWD-4.0NWSE-260S. Даний тепловий насос комбінованого типу, тобто він в має в собі вбудований гідромодуль, в якому відбувається приготування гарячої води від теплового насоса та додатково від сонячного колектора та працює на опалення будинку. Тепловий насос HITACHI YOUTAKI S Combi має високий COP (Coefficient of performance), що досягає значення

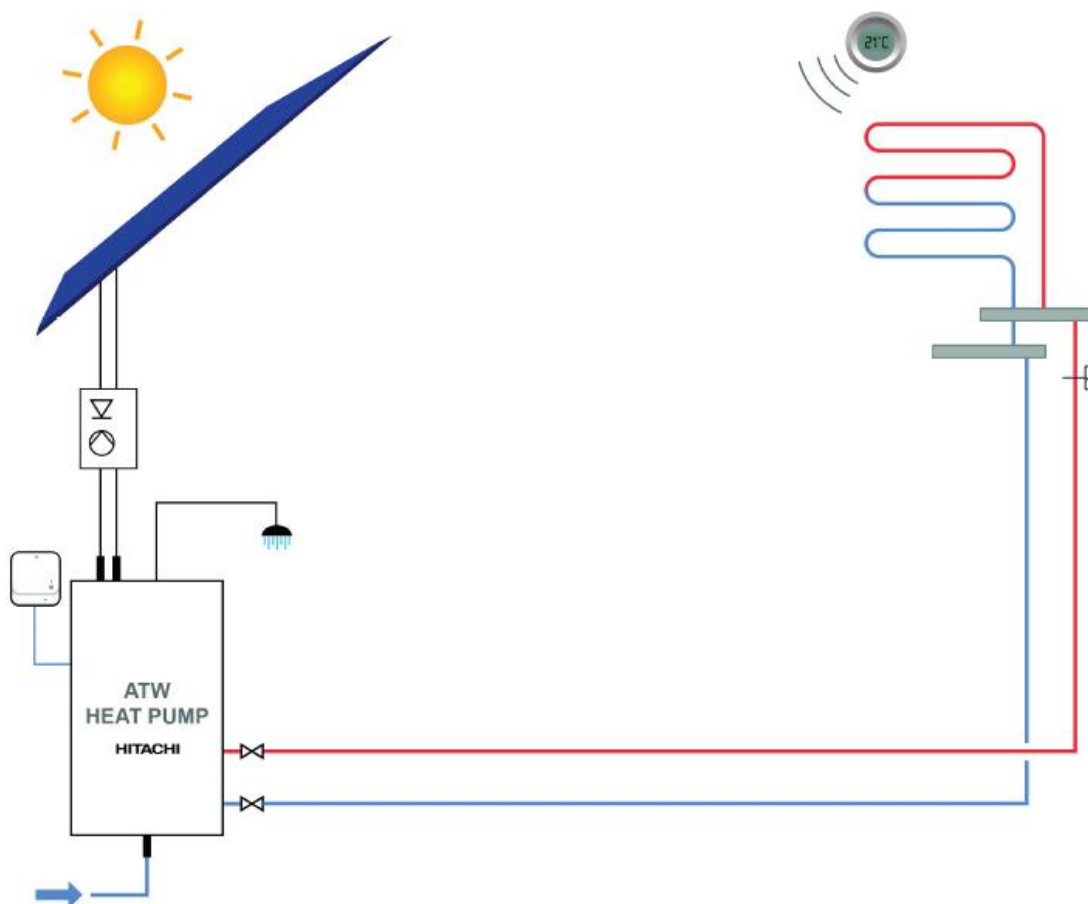


Рисунок 3.3 – Гідравлічна схема підключення теплового насосу

Вихідні данні та параметри для підбору ТН

Таблиця 3.1 – Розрахункові параметри підбору теплового насосу

| | |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| Розрахункова зовнішня температура | -22 °C |
| Зовнішня температура (без навантаження) | 12 °C |
| Максимальна температура теплоносія | 45 °C |
| Мінімальна температура теплоносія | 30 °C |
| Теплопродуктивність, що покривається тепловим насосом | 100 % |
| «Точка бівалентності» | -24.54 °C |
| Тепловтрата на яку підбирається ТН | 5 кВт |

Таблиця 3.2 – Розрахункові характеристики ТН

| | | |
|-------------------------------------------------|--------|---------------|
| Теплопродуктивність, ном.-макс. (A7 / W35) | кВт | 8,05-11,5 |
| Холодопродуктивність, макс. (A35 / W7) | кВт | 6,74 |
| COP, ном. | | 5,2 |
| SCOP, сезонний. | | 4,24 |
| Електроживлення | В/Ф/Гц | 220/1/50 |
| Робочий діапазон температур зовнішнього повітря | °C | -25 °C +40 °C |

На рисунку 3.4 представлено залежність температури теплоносія на виході з теплового насосу до системи опалення від зовнішньої температури.

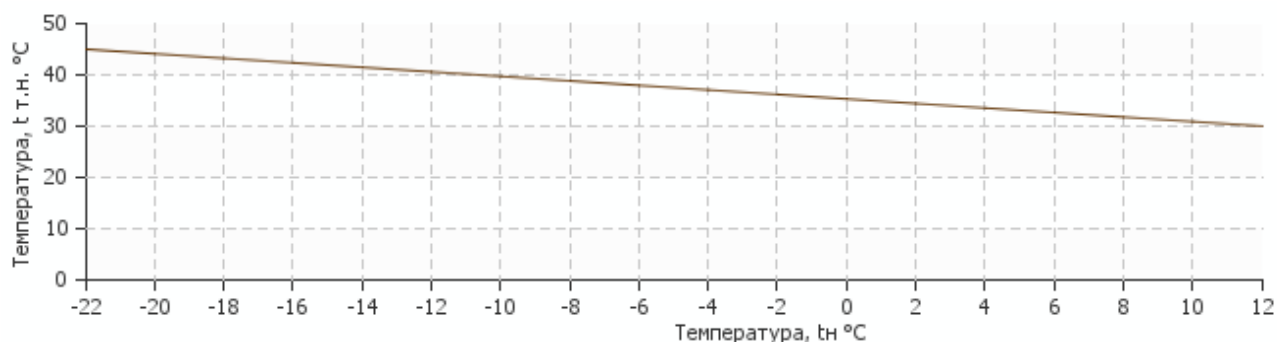


Рисунок 3.4 – Графік залежності погодного регулювання теплового насосу

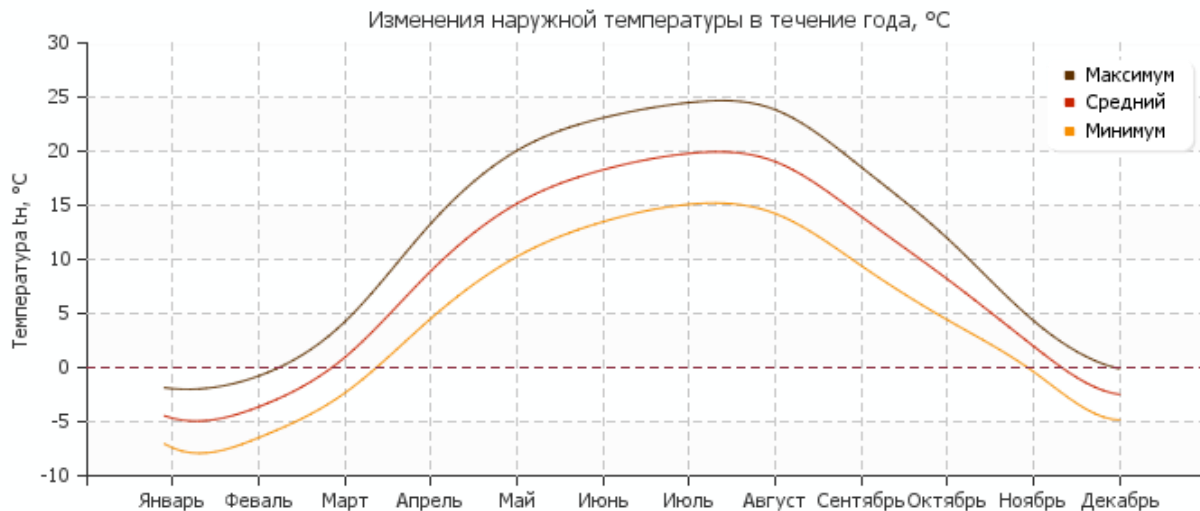


Рисунок 3.5 – Графік коливання середньомісячних значень клімату для моделювання споживання теплового насосу

На рисунку 3.6 проілюстровано моделювання, залежності теплопродуктивності та споживання теплового насосу в залежності від зовнішніх температур та зафіксованої кількості годин даних температур. Необхідна теплова потужність джерела представлена у вигляді лінійної залежності, для покриття тепловтрат при розрахунковій температурі. Продуктивність теплового насосу при змінній частоті компресора, зазначений нижче графік відображає сумарну продуктивність теплового насосу (включаючи режим відтайки).

Більшість часу агрегат буде працювати з неповним навантаженням, щоб точно забезпечувати енергопотребу будинку в опаленні та гарячому водопостачанні. Якщо теплове навантаження буде нижче мінімальної продуктивності теплового насоса (мінімальної частоти роботи компресора), агрегат постійно працюватиме в режимі ON / OFF.

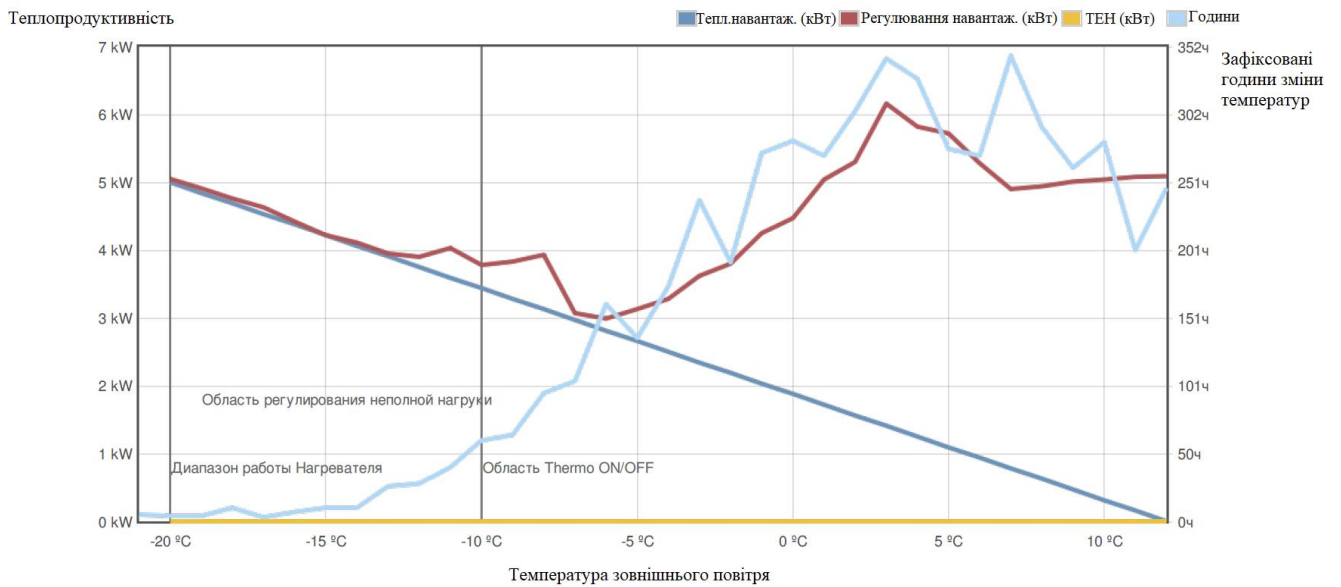


Рисунок 3.6 – Моделювання режимів споживання енергії тепловим насосом

До таблиці 3.3 представлено розраховані дані що до навантаження на комперсор теплового насосу від системи опалення та гарячоговодопостачання.

Таблица 3.3 – Результаты моделирования режимів роботи системи

| Характеристика | Позначення | Значення | Од.Вимір |
|---------------------------------------------|-----------------|----------|----------|
| Розрахункове навантаження | $P_{роз.}$ | 5 | кВт |
| Розрахункова температура | $t_{роз.}$ | -20 | °C |
| Температура без навантаження | $t_{б/н}$ | 12 | °C |
| Область регулювання частотного навантаження | $Q_{рег.спож.}$ | 2946,91 | кВт·год |
| | $T_{рег.спож.}$ | 263 | годин |
| Навантаження на ГВП | $Q_{гвп}$ | 2133,43 | кВт·год |
| Навантаження в режимі ON/OFF | $Q_{on/off.}$ | 6091,87 | кВт·год |
| | $T_{on/off.}$ | 4832 | годин |

До таблиці 3.4 Занесено основні показники роботи ТН на системи опалення та ГВП .

Таблиця 3.4 – Дані моделювання енергоспоживання системи ТН

| Характеристика | Позначення | Значення | Од.Вимір |
|--------------------------------------|-------------------------|----------|----------|
| Сумарна теплопродуктивність опалення | CAP | 9038,78 | кВт·год |
| Споживання е.е ТН на опалення | $W_{\text{спож.опал.}}$ | 2131,78 | кВт·год |
| Сезонний COP | SCOP | 4,24 | |
| Річний час роботи обладнання | $T_{\text{рік.}}$ | 5095 | годин |
| Сумарна теплопродуктивність на ГВП | $Q_{\text{ГВП}}$ | 2133,43 | кВт·год |
| Споживання е.е ТН на ГВП | $W_{\text{спож.ГВП.}}$ | 833,46 | кВт·год |
| Сезонний COP при роботі на ГВП | $SCOP_{\text{ГВП}}$ | 2,56 | |

Отже за результатами моделювання роботи теплового насосу отримали необхідна показники для техніко економічного розрахунку даної технології, та визначили загальне річне споживання електричної енергії тепловим насосом, що складає 2965,24 кВт·год, що відповідає 23,72 кВт·год/м² при роботі у всіх режимах споживання енергії агрегатом, та задовольняє парметрам внутрішнього мікроклімату в будинку.

На рисунках 3.7-3.8 проілюстровано інформацію моделювання режимів споживання теплової та електричної енергії за місяцями, де показано потреби

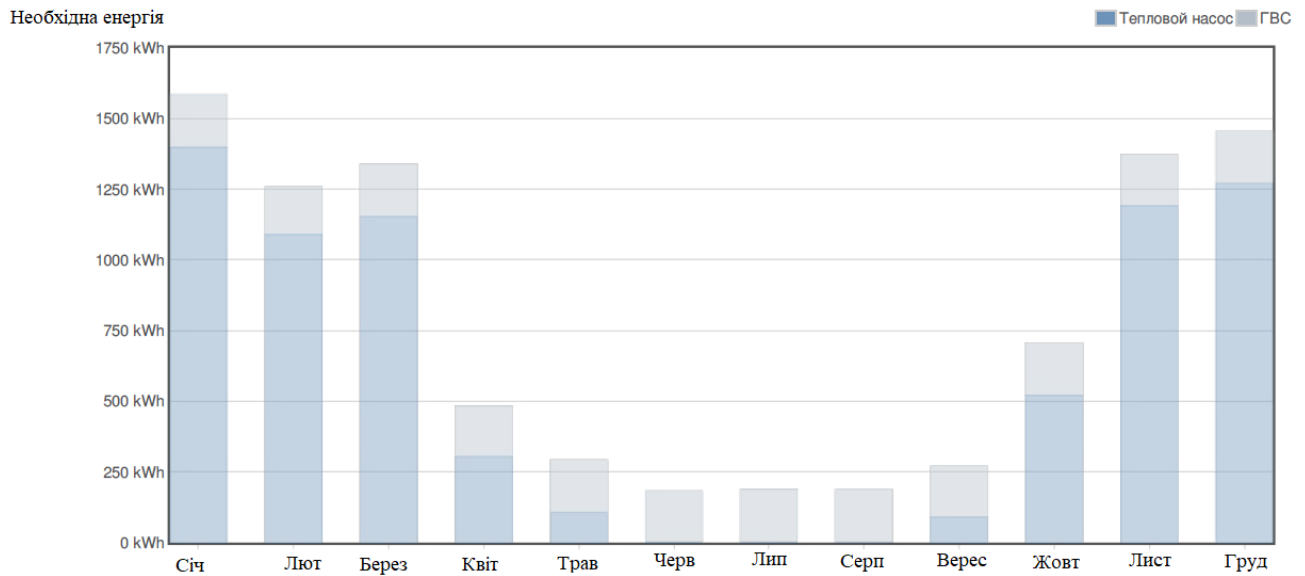


Рисунок 3.7 – По місячна теплопродуктивність ТН

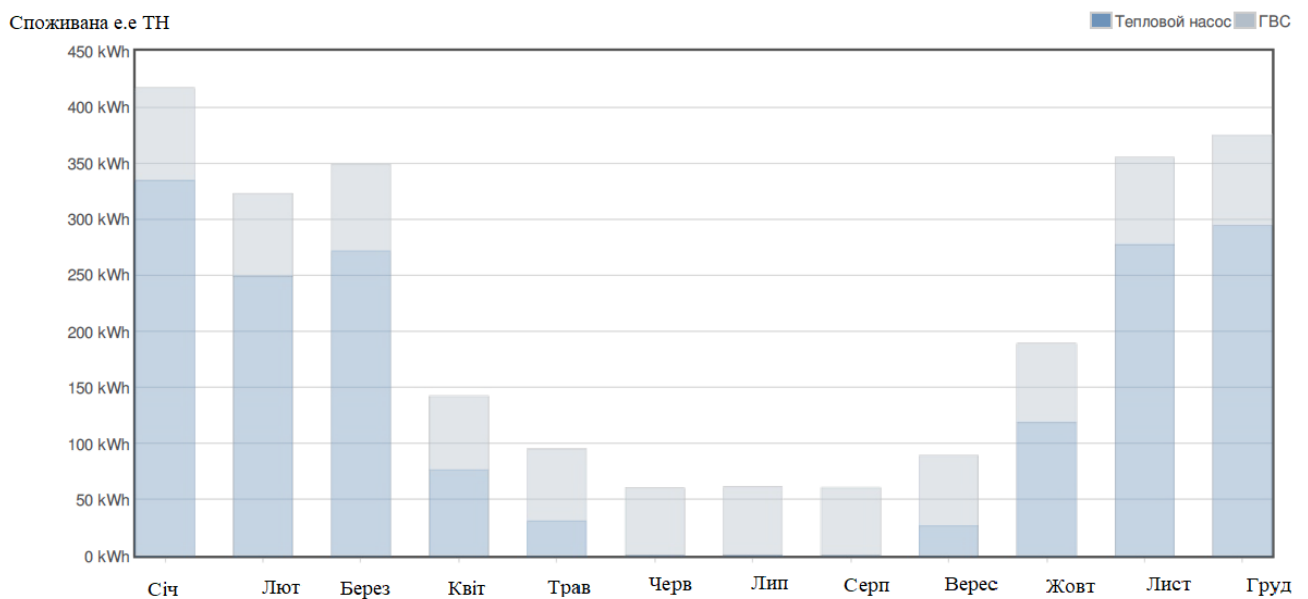


Рисунок 3.8 – По місячна динаміка споживання електроенергії ТН

3.3 Розрахунок сонячного колектора та визначення його ефективності

Основними елементами кожної експериментальної установки є високо селективний сонячний колектор і бак-акумулятор. На рисунку 3.9 показано принципову схему двоконтурної системи сонячного теплопостачання. Первинний (сонячний) контур, в якому циркулює теплоносій (пропіленгліколь), включає в себе такі основні елементи: СК, циркуляційний насос і бак-акумулятор з теплообмінником. Вторинний контур – це контур води, яка рухається в бак-акумуляторі і де їй через вбудований в

бак теплообмінник передається сонячна енергія накопичена теплоносієм у первинному контурі. Сонячні промені, що проходять крізь абсорбер сонячного колектора 1, нагрівають мідні трубки абсорбера, у яких циркулює теплоносій. Температура абсорбера при цьому може досягати 1500 При різниці температур між температурою теплоносія і води у нижній частині бака, що перевищує встановлене значення на контролері, автоматично включається циркуляційний насос 5. Сонячна енергія, сприйнята теплоносієм, передається воді за допомогою теплообмінника 9 бака-акумулятора 3. За рахунок природної конвекції нагріті шари води піднімаються у верхню частину бака-акумулятора, де і відбувається водозабір. При перевищенні температури води у верхній частині бака-акумулятора встановленої на регуляторі, контролер для сонячних систем (блок2) відключає циркуляційний насос 5. При нагріванні, теплоносій розширюється і для запобігання збільшення тиску в замкненому контурі передбачена розширювальний бак 4. Він являє собою закриту посудину, повітряний об'єм якої відділений від рідинного (теплоносія) мембраною. Тиск у повітряному об'ємі посудини встановлюється на рівні 0,15 МПа. Зворотній клапан 6 запобігає рециркуляції теплоносія. У системі передбачене додаткове джерело енергії для нагрівання води – теплообмінник 7 від системи центрального тепlopостачання на випадок недостатньої кількості сонячної енергії. Запірна арматура 8 служить для заповнення сонячного контуру теплоносієм.

Коротка характеристика системи сонячного тепlopостачання:

Загальна площа поверхні колектора – 2 м^2 , робоча площа поверхні абсорбера – 1.87 м^2 . Абсорбер з пучком паралельних труб, високо селективне покриття BlueTec Eta Plus (коефіцієнт поглинання – 0,95; коефіцієнт випромінювання - 0,05).

Бак – акумулятор з вбудованими теплообмінниками, теплоізований шаром мінеральної вати товщиною 15 см з подвійним емальованим покриттям, ємністю 260 літрів.

Установка обладнана системою автоматики, на базі сонячного контролера СК 91. З детальною специфікацією обладнання та комерційною пропозицією можна ознайомитись в додатку В.

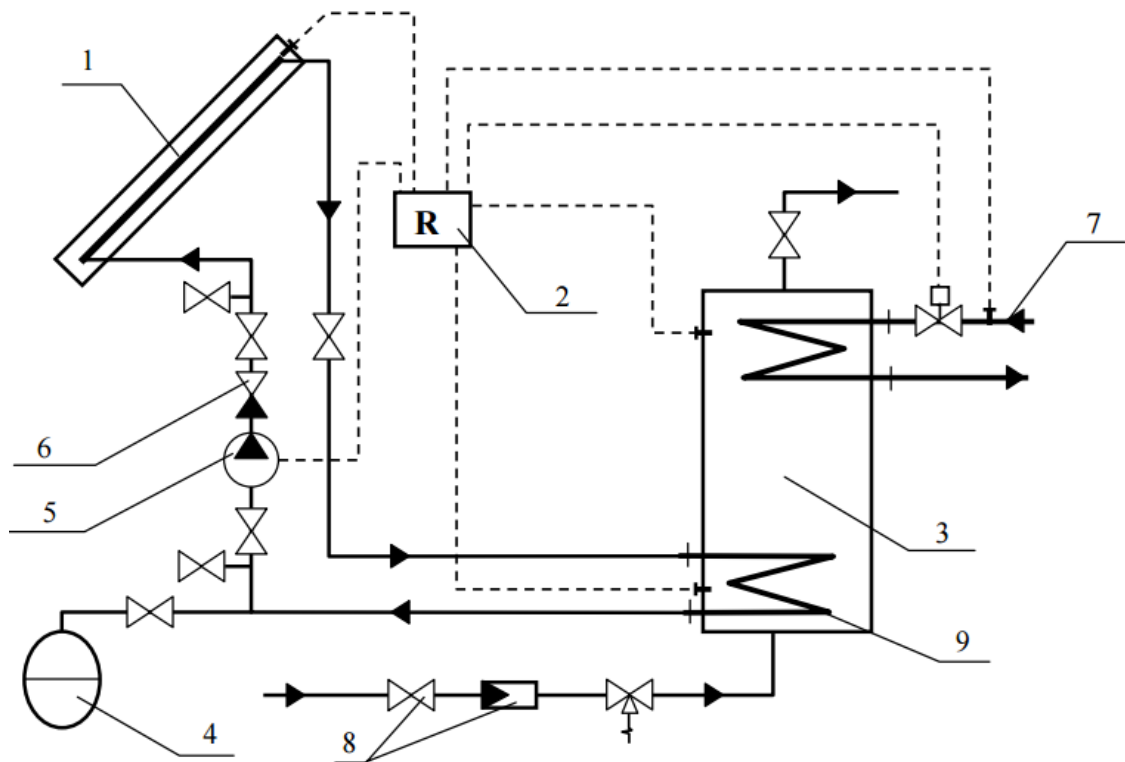


Рисунок 3.9 – Принципова схема двоконтурної системи сонячного гарячого теплопостачання з примусовою циркуляцією й абсорбером селективного типу

На рисунку 3.9 представлено: 1 – сонячний колектор; 2 – блок керування; 3 – бак-акумулятор; 4 – розширювальний бак; 5 – циркуляційний насос; 6 – зворотній клапан; 7 – додаткове джерело енергії – теплоцентраль; 8 – запірна арматура, 9 – теплообмінник.

Розрахуємо середньо добове навантаження на ГВП, за формулою:

$$Q_{ГВП}^{добове} = c \cdot m \cdot (t_{ГВП} - t_{ХВС}), \quad (3.3)$$

де c - теплоємність води, приймаємо $4,17 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$;

m - масова витрата води, кг;

$t_{ГВП}$ - температура ГВП, приймаємо 55°C ;

$t_{ХВС}$ - температура ХВП, приймаємо 10°C .

Підставивши відповідні дані в формулу (3.3), отримаємо:

$$Q_{ГВП}^{добове} = 4,17 \cdot 117,1 \cdot (53 - 10) = 5,832 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розрахуємо річне навантаження на ГВП, за формулою:

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{річне}} = \sum Q_i, \quad (3.4)$$

де Q_i - місячне навантаження на систему ГВП.

Тоді підставивши дані до формули (3.4), отримаємо:

$$Q_{\text{ГВП}}^{\text{річне}} = 5,832 + \dots + 5,832 = 2133,43 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

До таблиці 3.5 зведені данні щодо сонячної активності, згідно [3] інсоляція на похилу поверхню колектору за день.

Таблиця 3.5 – Данні сонячної активності на похилій поверхні колектора

| Місяць | I | I | II | I | V | V | V | V | IX | X | X | XII |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------------|----------------|------|
| Інсоляція кВт·год | 1.86 | 2.89 | 3.78 | 4.25 | 4.82 | 4.69 | 4.79 | 4.65 | 3.66 | 2.57 | 1.69 | 1.58 |
| | | | | | | | | | | Σ середнє значення | 3.4 3 кВт·г | |

До таблиці 3.6 зведені промодельовані згідно додатку Г значення середньоденної продуктивності колекторного поля (1 СПК).

Таблиця 3.6 – Середньоденної продуктивності колекторного поля кВт·год/день

| Місяць | I | I | II | I | V | V | V | V | IX | X | X | XII |
|------------------|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------|--------------|-----|
| Потужність кВт·г | 1.9 | 2.9 | 4 | 5.2 | 6.6 | 6.8 | 6.6 | 6.5 | 5.1 | 3.6 | 1.5 | 1.2 |
| | | | | | | | | | | Σ середнє значення | 4.3 кВт·г | |

На рисунку 3.10 представлено середньоденний графік заміщення теплового навантаження сонячними плоскими колекторами

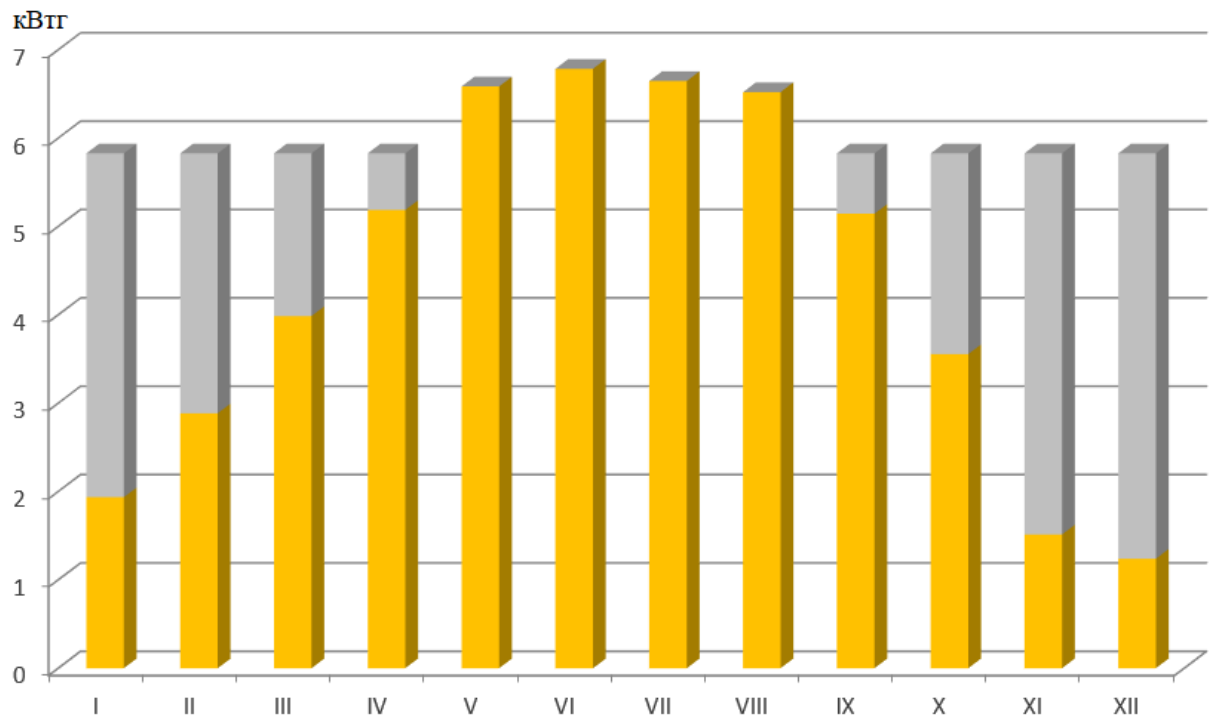


Рисунок 3.10 – Діаграма заміщення теплової енергії на потреби ГВП

В зв'язку з тим що в міжсезоння спостерігається зменшення тривалості світлового дня та зменшення сонячної активності, геліосистема не спроможна на 100% покрити навантаження на систему. При розробці цього рішення було запроєктоване гарантоване джерело теплової енергії, а саме тепловий насос, яке саме забезпечуватиме недоотриману від сонячної системи теплову енергію на потреби ГВП.

Розраховуємо річне навантаження на гарантоване джерело ГВП, за формулою:

$$\Delta Q_{ГВП} = Q_{ГВП}^{річне} - Q_{ГВП}^{колекторів}, \quad (3.5)$$

де $Q_{ГВП}^{колекторів}$ - річна продуктивність колекторного поля згідно додатку В, для 1 сонячного плоского колектору типу СПК F4М, складає 1587 кВт·год.

Підставивши відповідні дані в формулу (3.41), отримаємо:

$$\Delta Q_{ГВП} = 2133,43 - 1587 = 546,43 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

На рисунку 3.11 зображені кругові діаграми: річної продуктивності колекторного поля, корисної та пере генерації теплової енергії та заміщення теплової енергії на потреби ГВП

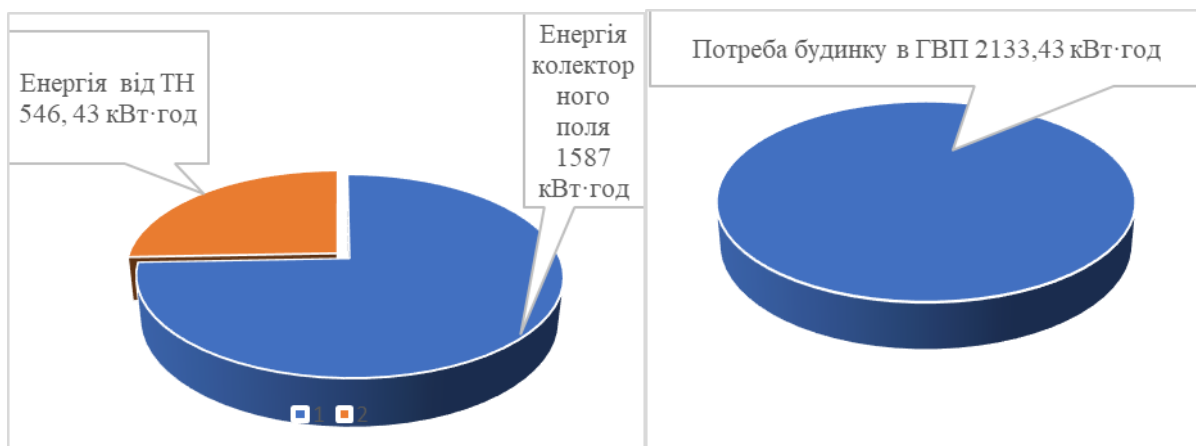


Рисунок 3.11 – Діаграми заміщення теплової енергії на потреби ГВП

На рисунку 3.12 проілюстровано середньо-місячні промодельовані температури води в баку-акумуляторі нагріті від геліокторного поля, що йдуть на потреби ГВП та відповідають санітарно гігієнічним нормам.

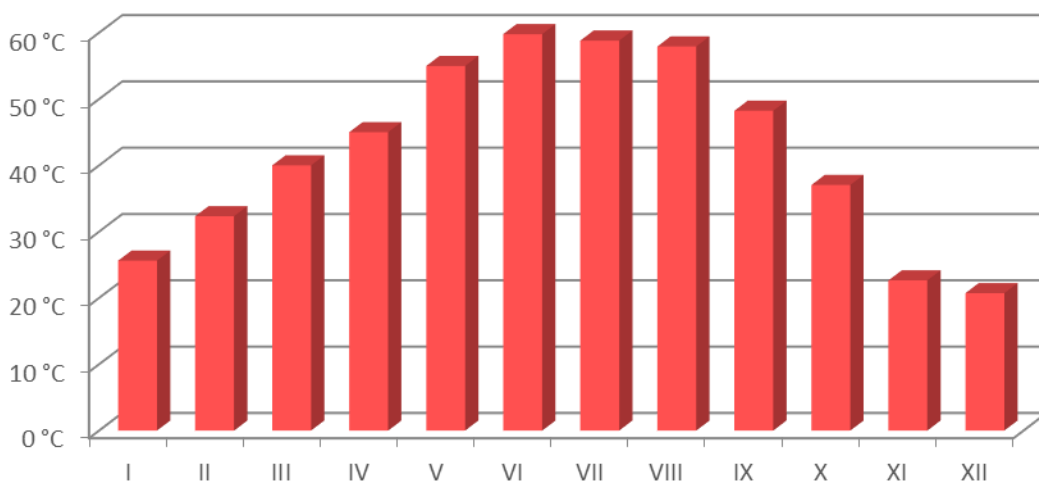


Рисунок 3.12 – Графік середньомісячної температури нагрітої води

3.4 Концепція геотермальної вентиляційної системи

Грунт поверхневих шарів Землі є природним тепловим акумулятором. Головне джерело теплової енергії, що надходить у верхні шари Землі є сонячна радіація. Поверхневі шари ґрунту також схильні до впливу сезонних коливань температур зовнішнього повітря. Ці складові, а також властивості самого ґрунту впливають на температуру ґрунту. На глибині близько 3 м і більше (Нижче рівня промерзання) температура ґрунту протягом року практично не змінюється і приблизно дорівнює середньорічній температурі зовнішнього повітря. Температура ґрунту на глибині 1,5-3,2 м взимку складає від +5 до + 7 °С, а влітку від +10 до + 12 °С. Дані по температурним режимам ґрунтів в різних регіонах можна знайти в спеціалізованій літературі. Експерименти показали, що в зимовий період ґрунтовий теплообмінник може нагрівати припливне повітря, що надходить в приміщення, на температуру більш 0 °С, а в літній період - охолодити до + 18-20 °С.

Система являє собою теплообмінник «труба в трубі». По внутрішній трубі переміщається витяжне повітря, що видаляється з приміщення, по зовнішній трубі - припливне повітря з вулиці. Спіральні навивні повітроводи з нержавіючої

стали мають високу теплопровідність і дозволяють здійснити першу високоефективну стадію рекуперації. При цьому повітря, що подається в приміщення, нагрівається чи охолоджується (при необхідності) за рахунок геотермальної енергії ґрунту і теплообміну з витяжним повітрям через стінку внутрішньої труби. Така конструкція ГТО дозволяє скоротити довжину повітропроводів, розміщених в землі, поліпшити теплові характеристики ГТО. Діаметр і довжина повітровода визначаються в залежності від витрати повітря і рівня капітальних і експлуатаційних витрат.

Експлуатаційні витрати таких систем дорівнюють витратам на роботу припливно-витяжних вентиляторів і витрат за періодичною заміні фільтрів.

У теплу пору року ґрунтовий теплообмінник забезпечує охолодження припливного повітря. Зовнішнє повітря надходить через повітрязабірний пристрій в ґрунтовий теплообмінник, де охолоджується за рахунок ґрунту. Потім охолоджене повітря подається по повітропроводам в припливно-витяжну установку ВУТ, в якій на літній період замість рекуператора встановлена річна вставка. Завдяки такому рішенню, відбувається зниження температури в приміщеннях, поліпшується мікроклімат в будинку, знижуються витрати електроенергії на кондиціонування.

У холодну пору року зовнішнє повітря надходить через повітрязбірний пристрій в ГТО, де прогрівається і потім надходить в припливно-витяжну установку ВУТ для подальшого нагріву в рекуператорі. Попередній нагрів повітря в ГТО знижує ймовірність обмерзання рекуператора припливно-витяжної установки, збільшуючи ефективне час використання рекуперації та мінімізує витрати на додатковий нагрів повітря в водяному / електричному нагрівачі.

В зв'язку з тим, що для встановлення даної системи, потрібно зробити повну реконструкцію будинку в середині приміщень, що не є економічно доцільним, тому в роботі описані тільки переваги даної технології перед іншими що існують на ринку.

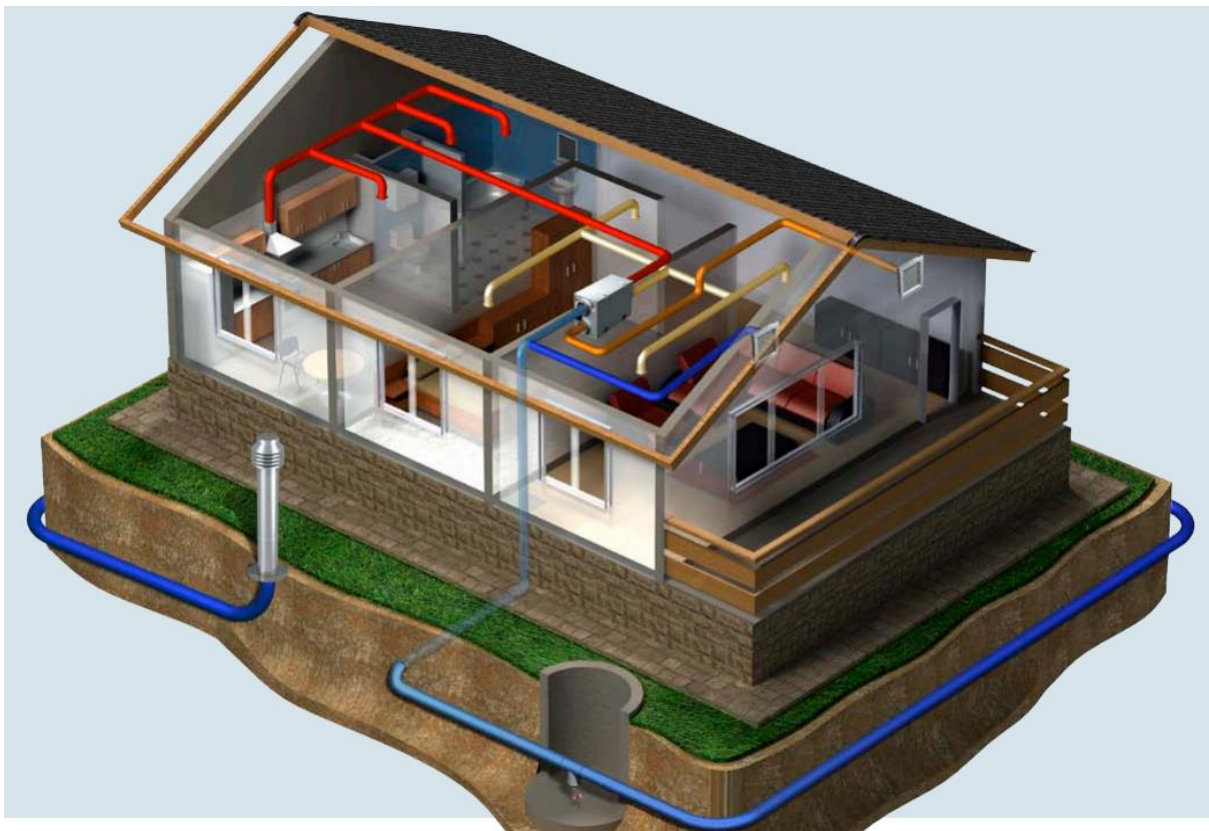


Рисунок 3.13 – Концепція геотермальної вентиляційної системи

3.5 Фінансова оцінка запропонованих методів підвищення функціонування споживання теплової та електричної енергії

В пункті (3.2 та 3.3) розраховані річні економії споживання електричної енергії та економія експлуатаційних витрат:

$$\Delta Q = \Delta Q_{опал} + \Delta Q_{ген} = 6907 + 1587 = 8494 \text{ кВт} \cdot \text{год/сезон},$$

$$\Delta E = 14269,92 \text{ грн/сезон}.$$

Розрахуємо витрати на введення в експлуатацію, за формулою:

$$KB = B_{обл} + B_{проекту} + B_{доставка} + B_{монтаж} + B_{пусконаладка}, \quad (3.6)$$

де KB - капітальні витрати по заходу;

$B_{обл}$ - вартість обладнання, складає 205 429 грн;

$B_{проекту}$ - вартість проектних робіт, складає 4000 грн;

$B_{доставка}$ - вартість доставки обладнання, складає 800 грн;

$B_{монтаж}$ - вартість монтажних робіт, складає 10000 грн;

$B_{пусконаладка}$ - вартість пуско налагоджувальних робіт, складає 1100 грн;

Підставивши до формули (3.6), відповідні дані отримаємо:

$$KB = 205429 + 4000 + 800 + 10000 + 1100 = 221\,329 \text{ грн}.$$

Розраховуємо експлуатаційні витрати, при реалізації проекту, по формулі :

$$EB = (W_{спож.опал.} + \Delta W_{спож.гвп.}) \cdot C_{е.е.} \quad (3.7)$$

Підставивши до формули (3.7) відповідні дані, отримаємо:

$$EB = (2131,78 + 546,43) \cdot 0,9 = 2410,389 \text{ грн/сезон}.$$

Амортизаційні відрахування від вартості обладнання, складають 2%, що еквівалентно 4108,58 грн.

Ставку дисконтування в розрахунках приймаю - 12%;

Горизонт планування проекту – 25 років.

Необхідно провести фінансово-економічні розрахунки для достовірної оцінки економічності, ефективності та терміну окупності даного проекту.

Розрахунок NPV проводимо за формулою

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}, \quad (3.8)$$

де B_t — вигоди проекту в рік t ;

C_t — витрати на проект у рік t ;

i — ставка дисконту;

n — тривалість (строк життя) проекту.

Для розрахунку NPV проекту необхідно визначити ставку дисконту, використати її для дисконтування потоків витрат та вигід і підсумувати дисконтовані вигоди й витрати (витрати зі знаком мінус).

Основна перевага NPV полягає в тому, що всі розрахунки проводяться на основі грошових потоків, а не чистих доходів. Окрім того, ефективність головного проекту можна оцінити шляхом підсумовування NPV його окремих підпроектів.

Якщо NPV позитивна, то проект можна рекомендувати для фінансування. Якщо NPV дорівнює нулю, то надходжень від проекту вистачить лише для відновлення вкладеного капіталу. Якщо NPV менша нуля — проект не приймається.

На практиці визначення IRR проводиться за допомогою формули:

$$IRR = A + \frac{a \cdot (B - A)}{a - b}, \quad (3.9)$$

де A — величина ставки дисконту, при якій NPV позитивна;

B — величина ставки дисконту, при якій NPV негативна;

a — величина позитивної NPV, при величині ставки дисконту A ;

b — величина NPV, при величині ставки дисконту B .

При застосуванні IRR виникають такі труднощі:

- неможливо дати однозначну оцінку IRR проектів, у яких зміна знака
- NPV відбувається більше одного разу;
- при аналізі проектів різного масштабу IRR не завжди узгоджується з NPV;
- застосування IRR неможливе для вибору альтернативних проектів відмінного масштабу, різної тривалості та неоднакових часових проміжків.

Кумулятивний грошовий потік в 0-му році рівний грошовому потоку в 0-му році:

$$CF_0^{\text{кум}} = CF_0. \quad (3.10)$$

Для наступних років кумулятивний грошовий потік розраховується за наступною формулою:

$$CF_t^{\text{кум}} = CF_{(t-1)}^{\text{кум}} + CF_t. \quad (3.11)$$

Дисконтований грошовий потік розраховується за наступною формулою:

$$CF^d = CF \cdot K_i. \quad (3.12)$$

Дисконтований кумулятивний грошовий потік в 0-му році рівний дисконтованому грошовому потоку в 0-му році:

$$CF_{\text{кум}0}^d = CF_0^d. \quad (3.13)$$

Для наступних років дисконтований кумулятивний грошовий потік розраховується за наступною формулою:

$$CF_{\text{кум}t}^d = CF_{\text{кум}(t-1)}^d + CF_t^d. \quad (3.14)$$

Всі розрахунки зведені до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7– Розрахунки грошових потоків

| Ставка дисконтування | | | 12,00% | | | | |
|----------------------|------------------|----------------|----------------|------------------|-------|------------------|------------------|
| Рік | КВ, грн | Вигоди, грн | CF | КуCF | Ki | CFдиск | КуCFдиск |
| 0 | (УАН 221 329,00) | | | (УАН 221 329,00) | 1,000 | (УАН 221 329,00) | (УАН 221 329,00) |
| 1 | | УАН 14 269,92 | УАН 14 269,92 | (УАН 207 059,08) | 0,893 | УАН 12 741,00 | (УАН 208 588,00) |
| 2 | | УАН 15 696,91 | УАН 15 696,91 | (УАН 191 362,17) | 0,797 | УАН 12 513,48 | (УАН 196 074,52) |
| 3 | | УАН 17 266,60 | УАН 17 266,60 | (УАН 174 095,56) | 0,712 | УАН 12 290,03 | (УАН 183 784,49) |
| 4 | | УАН 18 993,26 | УАН 18 993,26 | (УАН 155 102,30) | 0,636 | УАН 12 070,56 | (УАН 171 713,93) |
| 5 | | УАН 20 892,59 | УАН 20 892,59 | (УАН 134 209,71) | 0,567 | УАН 11 855,02 | (УАН 159 858,91) |
| 6 | | УАН 22 981,85 | УАН 22 981,85 | (УАН 111 227,86) | 0,507 | УАН 11 643,32 | (УАН 148 215,59) |
| 7 | | УАН 25 280,03 | УАН 25 280,03 | (УАН 85 947,83) | 0,452 | УАН 11 435,40 | (УАН 136 780,19) |
| 8 | | УАН 27 808,04 | УАН 27 808,04 | (УАН 58 139,79) | 0,404 | УАН 11 231,20 | (УАН 125 548,99) |
| 9 | | УАН 30 588,84 | УАН 30 588,84 | (УАН 27 550,95) | 0,361 | УАН 11 030,64 | (УАН 114 518,35) |
| 10 | | УАН 33 647,72 | УАН 33 647,72 | УАН 6 096,77 | 0,322 | УАН 10 833,67 | (УАН 103 684,68) |
| 11 | | УАН 37 012,50 | УАН 37 012,50 | УАН 43 109,27 | 0,287 | УАН 10 640,21 | (УАН 93 044,47) |
| 12 | | УАН 40 713,75 | УАН 40 713,75 | УАН 83 823,02 | 0,257 | УАН 10 450,20 | (УАН 82 594,27) |
| 13 | | УАН 44 785,12 | УАН 44 785,12 | УАН 128 608,14 | 0,229 | УАН 10 263,59 | (УАН 72 330,67) |
| 14 | | УАН 49 263,63 | УАН 49 263,63 | УАН 177 871,77 | 0,205 | УАН 10 080,32 | (УАН 62 250,36) |
| 15 | | УАН 54 190,00 | УАН 54 190,00 | УАН 232 061,77 | 0,183 | УАН 9 900,31 | (УАН 52 350,05) |
| 16 | | УАН 59 609,00 | УАН 59 609,00 | УАН 291 670,77 | 0,163 | УАН 9 723,52 | (УАН 42 626,53) |
| 17 | | УАН 65 569,90 | УАН 65 569,90 | УАН 357 240,67 | 0,146 | УАН 9 549,88 | (УАН 33 076,64) |
| 18 | | УАН 72 126,89 | УАН 72 126,89 | УАН 429 367,55 | 0,130 | УАН 9 379,35 | (УАН 23 697,29) |
| 19 | | УАН 79 339,58 | УАН 79 339,58 | УАН 508 707,13 | 0,116 | УАН 9 211,86 | (УАН 14 485,43) |
| 20 | | УАН 87 273,53 | УАН 87 273,53 | УАН 595 980,66 | 0,104 | УАН 9 047,36 | (УАН 5 438,07) |
| 21 | | УАН 96 000,89 | УАН 96 000,89 | УАН 691 981,55 | 0,093 | УАН 8 885,80 | УАН 3 447,74 |
| 22 | | УАН 105 600,97 | УАН 105 600,97 | УАН 797 582,52 | 0,083 | УАН 8 727,13 | УАН 12 174,87 |
| 23 | | УАН 116 161,07 | УАН 116 161,07 | УАН 913 743,59 | 0,074 | УАН 8 571,29 | УАН 20 746,16 |
| 24 | | УАН 127 777,18 | УАН 127 777,18 | УАН 1 041 520,77 | 0,066 | УАН 8 418,23 | УАН 29 164,39 |
| 25 | | УАН 140 554,90 | УАН 140 554,90 | УАН 1 182 075,67 | 0,059 | УАН 8 267,90 | УАН 37 432,29 |
| | | | | | | NPV | УАН 37 432,29 |

Обчислимо простий термін окупності. Кумулятивний грошовий потік міняє знак значення з «плюса» на «мінус» на п'ятнадцятому році. Тоді простий термін окупності проекту становитиме: $T_{\text{окуп}}^{\text{пр}} = 10$ років, X місяців.

Де X знаходимо з пропорції:

12 місяців – 33647,72 грн,

X місяців – 27550.95 грн,

$$X = \frac{12 \cdot 27550,95}{33647,72} \approx 1 \text{ місяці.}$$

Тоді простий термін окупності складає: $T_{\text{окуп}}^{\text{пр}} = 10$ років, 1 місяць.

Аналогічно проводимо розрахунок динамічного терміну окупності на основі дисконтованого кумулятивного грошового потоку: $T_{\text{дислокуп}} = 21$ рік, Y місяців.

$$Y = \frac{12 \cdot 5438,07}{8885,80} \approx 7 \text{ місяці.}$$

Тоді динамічний термін окупності: $T_{\text{дислокуп}} = 21$ роки, 7 місяців.

Чиста поточна вартість проекту (NPV) становить: 37432,29 грн, що говорить про те що проект є не збитковим.

Хоч ы проект має великий термін окупності близько 20 років, при горизонті планування проекту 25 років. Для обчислення внутрішньої норми рентабельності (IRR) приймемо ставку дисконту 20% та проведемо повторне обчислення грошових потоків. Розрахунки зведемо до таблиці 3.8.

Внутрішня норма прибутковості обчислюється за формулою:

$$IRR = A + \frac{a(B - A)}{(a - b)}, \quad (3.15)$$

де A – величина ставки дисконту, при якій NPV додатна;

B – величина ставки дисконту, при якій NPV від’ємна;

a – величина додатної NPV, при величині ставки дисконту A;

b – величина від’ємної NPV, при величині ставки дисконту B.

Підставивши дані до формули (3.15), отримаємо:

$$IRR = 12 + \frac{37432,29 \cdot (20 - 12)}{37432,29 - (-94836,98)} = 14,26\%.$$

Таблиця 3.8– Розрахунки грошових потоків

| Ставка дисконтування | | | 20,00% | | | i=20% | |
|----------------------|------------------|----------------|----------------|------------------|-------|------------------|------------------|
| Рік | КВ, грн | Вигоди, грн | CF | КуCF | Ki | CFдиск | КуCFдиск |
| 0 | (UAH 221 329,00) | | | (UAH 221 329,00) | 1,000 | (UAH 221 329,00) | (UAH 221 329,00) |
| 1 | | UAH 14 269,92 | UAH 14 269,92 | (UAH 207 059,08) | 0,833 | UAH 11 891,60 | (UAH 209 437,40) |
| 2 | | UAH 15 696,91 | UAH 15 696,91 | (UAH 191 362,17) | 0,694 | UAH 10 900,63 | (UAH 198 536,77) |
| 3 | | UAH 17 266,60 | UAH 17 266,60 | (UAH 174 095,56) | 0,579 | UAH 9 992,25 | (UAH 188 544,52) |
| 4 | | UAH 18 993,26 | UAH 18 993,26 | (UAH 155 102,30) | 0,482 | UAH 9 159,56 | (UAH 179 384,96) |
| 5 | | UAH 20 892,59 | UAH 20 892,59 | (UAH 134 209,71) | 0,402 | UAH 8 396,26 | (UAH 170 988,70) |
| 6 | | UAH 22 981,85 | UAH 22 981,85 | (UAH 111 227,86) | 0,335 | UAH 7 696,57 | (UAH 163 292,12) |
| 7 | | UAH 25 280,03 | UAH 25 280,03 | (UAH 85 947,83) | 0,279 | UAH 7 055,19 | (UAH 156 236,93) |
| 8 | | UAH 27 808,04 | UAH 27 808,04 | (UAH 58 139,79) | 0,233 | UAH 6 467,26 | (UAH 149 769,67) |
| 9 | | UAH 30 588,84 | UAH 30 588,84 | (UAH 27 550,95) | 0,194 | UAH 5 928,32 | (UAH 143 841,35) |
| 10 | | UAH 33 647,72 | UAH 33 647,72 | UAH 6 096,77 | 0,162 | UAH 5 434,30 | (UAH 138 407,05) |
| 11 | | UAH 37 012,50 | UAH 37 012,50 | UAH 43 109,27 | 0,135 | UAH 4 981,44 | (UAH 133 425,61) |
| 12 | | UAH 40 713,75 | UAH 40 713,75 | UAH 83 823,02 | 0,112 | UAH 4 566,32 | (UAH 128 859,29) |
| 13 | | UAH 44 785,12 | UAH 44 785,12 | UAH 128 608,14 | 0,093 | UAH 4 185,79 | (UAH 124 673,50) |
| 14 | | UAH 49 263,63 | UAH 49 263,63 | UAH 177 871,77 | 0,078 | UAH 3 836,98 | (UAH 120 836,53) |
| 15 | | UAH 54 190,00 | UAH 54 190,00 | UAH 232 061,77 | 0,065 | UAH 3 517,23 | (UAH 117 319,30) |
| 16 | | UAH 59 609,00 | UAH 59 609,00 | UAH 291 670,77 | 0,054 | UAH 3 224,13 | (UAH 114 095,18) |
| 17 | | UAH 65 569,90 | UAH 65 569,90 | UAH 357 240,67 | 0,045 | UAH 2 955,45 | (UAH 111 139,73) |
| 18 | | UAH 72 126,89 | UAH 72 126,89 | UAH 429 367,55 | 0,038 | UAH 2 709,16 | (UAH 108 430,57) |
| 19 | | UAH 79 339,58 | UAH 79 339,58 | UAH 508 707,13 | 0,031 | UAH 2 483,40 | (UAH 105 947,17) |
| 20 | | UAH 87 273,53 | UAH 87 273,53 | UAH 595 980,66 | 0,026 | UAH 2 276,45 | (UAH 103 670,72) |
| 21 | | UAH 96 000,89 | UAH 96 000,89 | UAH 691 981,55 | 0,022 | UAH 2 086,74 | (UAH 101 583,98) |
| 22 | | UAH 105 600,97 | UAH 105 600,97 | UAH 797 582,52 | 0,018 | UAH 1 912,85 | (UAH 99 671,13) |
| 23 | | UAH 116 161,07 | UAH 116 161,07 | UAH 913 743,59 | 0,015 | UAH 1 753,44 | (UAH 97 917,69) |
| 24 | | UAH 127 777,18 | UAH 127 777,18 | UAH 1 041 520,77 | 0,013 | UAH 1 607,32 | (UAH 96 310,36) |
| 25 | | UAH 140 554,90 | UAH 140 554,90 | UAH 1 182 075,67 | 0,010 | UAH 1 473,38 | (UAH 94 836,98) |
| | | | | | | NPV | (UAH 94 836,98) |

При впровадженні будь якого енергозберігаючого проекту необхідно враховувати велику кількість факторів впливу. Зокрема варто чітко сформулювати мету та завдання проекту, його переваги та недоліки та доцільність впровадження.

Також потрібно провести аналіз ринку товарів чи послуг та порівняти можливі варіанти реалізації за декількома показниками, серед яких варто виділити термін окупності проекту.

Одним з найважливіших етапів розробки проекту є фінансовий аналіз, за допомогою якого можна визначити інвестиційну привабливість проекту. Результатами є такі показники як простий та динамічний терміни окупності, NPV та IRR.

Що стосується даного проекту, він задовольняє за всіма показниками, тобто є доцільним та вміру ефективним.

Вигоди за проектом:

- Скорочення споживання енергії на рівні 75%;
- Можливість регулювання системи опалення;
- Дотримання санітарних норм в приміщенні;

3.6 Аналіз чутливості проекту

Для урахування факторів невизначеності і ризиків проекту проведено аналіз чутливості основних показників ефективності проекту, до варіацій тих параметрів, значення котрих по чинникам, що не контролюються на даному етапі проектування, можуть змінюватися або не можуть бути визначені достатньо надійно.

Оцінюється коливання значень основних економічних показників проекту по модернізації інженерних систем в житловому будинку, а саме внутрішня норма рентабельності (IRR) та чиста приведена вартість (NPV).

Аналіз чутливості проведений на основі розрахунку залежності економічних показників проекту (IRR, NPV) від зміни параметрів проекту в діапазоні $\pm 30\%$ з кроком 10%.

Розглянуто вплив від зміни наступних параметрів проекту:

- вартість капітальних вкладень;
- зміни тарифу на теплову енергію;
- зміна валютного курсу;
- зміна ставки дисконтування.

Дані розрахунків чутливості наведені в таблицях (3.9-3.11). На рисунках (3.14, 3.15) наведені графіки, на яких продемонстровано як виглядає залежність, IRR та NPV від змін розглянутих параметрів проекту.

Таблиця 3.9 – Розрахунок чутливості проекту до зміни капітальних витрат

| Діапазон зміни | KB | NPV | IRR |
|----------------|----------|------------------|-----|
| % | грн | грн | % |
| -30,00% | 154930,3 | UAH 92 706,24 | 17% |
| -20,00% | 177063,2 | UAH 72 944,72 | 16% |
| -10,00% | 199196,1 | UAH 53 183,21 | 15% |

| | | | |
|--------|----------|--------------------|-----|
| 0,00% | 221329 | UAH 33 421,69 | 14% |
| 10,00% | 243461,9 | UAH 13 660,17 | 13% |
| 20,00% | 265594,8 | (UAH 6 101,35) | 12% |
| 30,00% | 287727,7 | (UAH 25 862,87) | 11% |

Таблиця 3.10– Розрахунок чутливості проекту до зміни тарифу

| Діапазон зміни | Вигоди | NPV | IRR |
|----------------|------------------|-----------|-----|
| % | грн | грн | % |
| -30,00% | UAH 9 988,94 | -67058,34 | 8% |
| -20,00% | UAH 11 415,94 | -47782,37 | 9% |
| -10,00% | UAH 12 842,93 | -28506,39 | 10% |
| 0,00% | UAH 14 269,92 | 33421,69 | 12% |
| 10,00% | UAH 15 696,91 | 10045,56 | 13% |
| 20,00% | UAH 17 123,90 | 29321,54 | 14% |
| 30,00% | UAH 18 550,90 | 48597,51 | 15% |

Таблиця 3.11 – Розрахунок чутливості проекту до зміни ставки дисконтування

| Діапазон зміни | i | NPV | IRR |
|----------------|----|------------|------|
| % | % | грн | % |
| -30,00% | 2 | 758229,95 | 0% |
| -20,00% | 6 | 299644,54 | -3% |
| -10,00% | 10 | 89170,33 | -7% |
| 0,00% | 14 | -13640,16 | -10% |
| 10,00% | 18 | -66689,72 | -13% |
| 20,00% | 22 | -95284,69 | -16% |
| 30,00% | 26 | -111137,51 | -19% |

Графічне представлення чутливості проекту до змінних факторів:

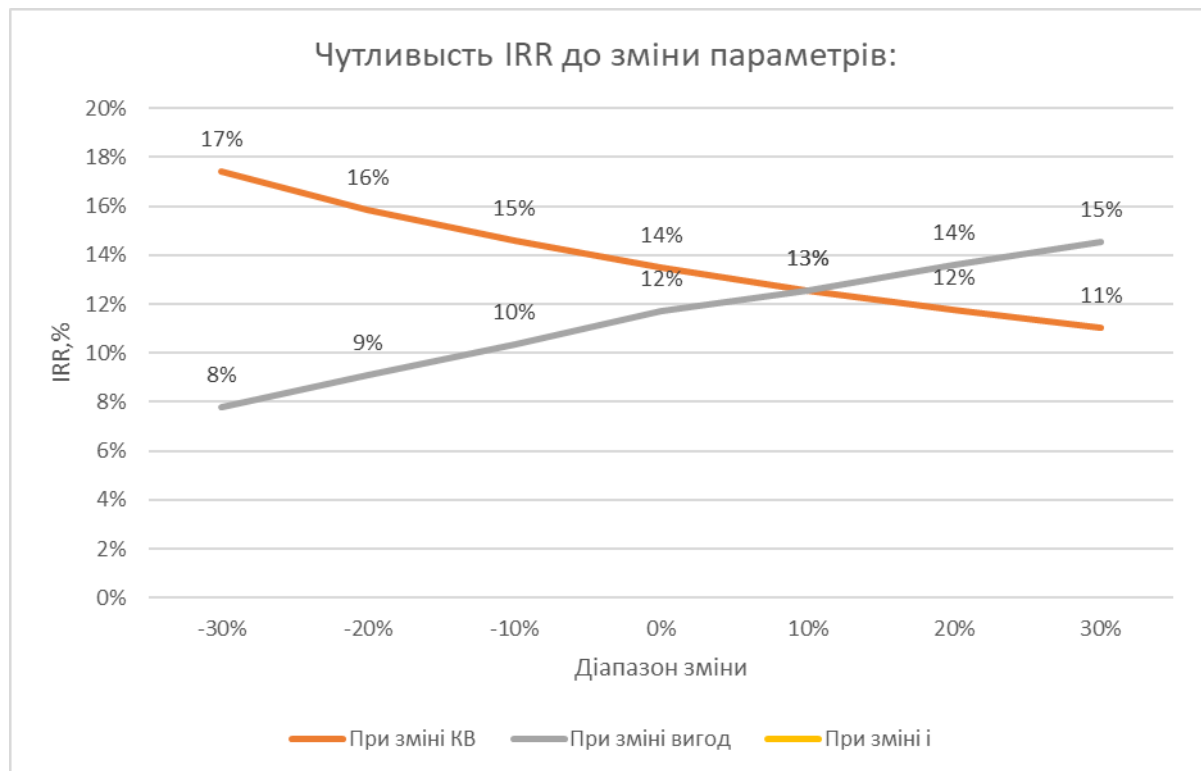


Рисунок 3.14 – Чутливість IRR до зміни параметрів проекту

Як видно з рисунку (3.14) значення внутрішньої норми рентабельності IRR прямо пропорційно залежить від зміни обсягу економії енергії. У випадку збільшення обсягу економії теплової енергії від впровадження проекту, внутрішня норма рентабельності збільшиться, що позитивно відобразиться на економічній привабливості проекту. В свою чергу, зниження обсягу економії теплової енергії негативно відобразиться на економічній привабливості проекту.

Зміна обсягу економії енергії в діапазоні $\pm 30\%$ призведе до зміни значення внутрішньої норми рентабельності не є критичним для економічної привабливості проекту.

Значення внутрішньої норми рентабельності (IRR) обернено пропорційно залежить від зміни капітальних вкладень. У випадку збільшення вартості капітальних витрат, які необхідні для впровадження проекту за внутрішня норма рентабельності зменшиться, що негативно відобразиться на економічній привабливості проекту. В свою чергу, зниження вартості капітальних витрат, які необхідні для впровадження проекту, позитивно відобразиться на економічній привабливості проекту.

Зміна вартості капітальних вкладень в діапазоні $\pm 30\%$ призведе до зміни значення внутрішньої норми рентабельності, що характеризує проект як стійкий до коливання вартості капітальних вкладень в заданих межах.

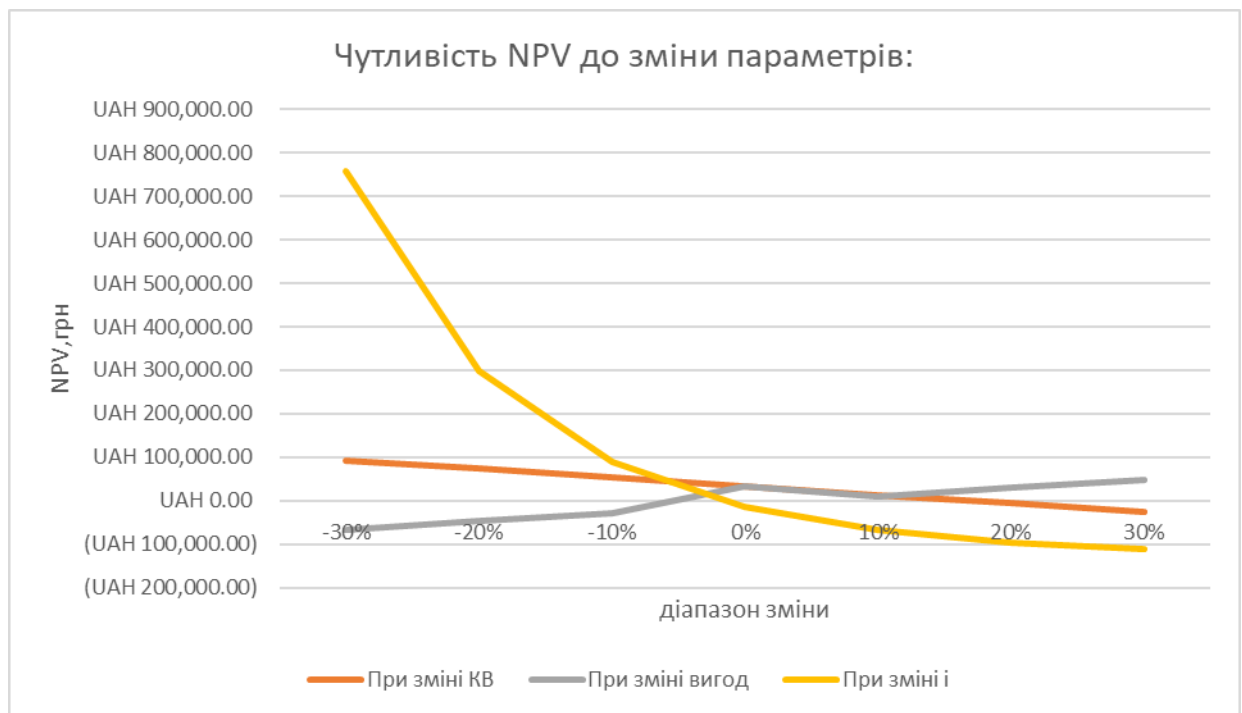


Рисунок 3.15 – Чутливість NPV до зміни параметрів проекту

Як видно з рисунку (3.15) значення NPV прямо пропорційно залежить від зміни обсягу економії енергії. У випадку збільшення обсягу економії енергії від впровадження проекту, NPV збільшиться, що позитивно відобразиться на економічній привабливості проекту. В свою чергу, зниження обсягу економії енергії негативно відобразиться на економічній привабливості проекту.

Значення NPV обернено пропорційно залежить від зміни інвестицій по проекту. У випадку збільшення вартості капітальних витрат, які необхідні для впровадження проекту, NPV зменшиться, що негативно відобразиться на економічній привабливості проекту. В свою чергу, зниження вартості капітальних витрат, які необхідні для впровадження проекту, позитивно відобразиться на економічній привабливості проекту.

Зміна вартості капітальних вкладень в діапазоні $\pm 30\%$ призведе до зміни значення NPV, що критично впливатиме на конкурентоздатність проекту на ряду з іншими проектами.

Висновок по розділу 3

В результаті виконання даного розділу магістерської дисертації було розглянуто дві технології, що надали можливість зменшити споживання енергії на опалення та ГВП будинку з 90 кВт·год/м² до 21,42 кВт·год/м². Моделювання було проведено в програмному середовищі MS Excell та проведено подальший техніко економічну оцінку отриманих результатів дослідження.

На основі отриманих техніко економічних показників було підтверджено обраний оптимальний тип інженерного забезпечення будинку з точки зору його теплотехнічних показників, а також враховано можливість економії за рахунок зменшення споживання енергії.

4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Мета та завдання розділу

Підсумовуючи результати проведеної роботи щодо підвищення рівня енергетичної ефективності житлових приватних будинків, аналізу методів оцінки процесів споживання теплової та електричної енергії, визначення базового рівня енергоспоживання будинку для врахування усіх факторів та особливостей моделювання, приходимо до висновку, що необхідність роботи зі значним масивом даних та методиками їх обробки не дозволяють на рівні аудиту існуючих будівель, проектування енергоефективних заходів чи нових будівель формувати результат у короткі терміни та потребують значних ресурсів, як фінансових, так і людських. Виходячи з даної проблематики постає потреба у автоматизації процесів.

Цим підрозділом магістерської дисертації ставиться завдання реалізація науково-технічних рішень для комерціалізації та впровадженні на ринку проектування та енергоаудиту автоматизації процесу за допомогою програмного забезпечення. Розділ розглядає наступні напрями у реалізації стартап-проекту:

- розгляд особливостей ринку та його потреба у продукті;
- етапи розробки, алгоритми входу на ринок;
- етапи комерціалізації проекту;
- оцінка конкурентоспроможності та основних переваг;
- розробка ринкової стратегії стартап-проекту;
- розгляд потенційних джерел фінансування проекту.

4.2 Опис ідеї проекту

В таблиці 4.1 наведено опис стартап-проекту, що розробляється

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проекту

| Зміст ідеї | Напрямки застосування | Вигоди для користувача |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ідея start-up полягає у створенні програмного забезпечення з інтеграцією Smart лічильника для визначення енергоспоживання приватних житлових будинків, моніторинг та керування споживачами електричної енергії, для зниження прямих витрат на енергетичні ресурси та підвищення енергетичної ефективності приватних житлових будинків | 1. Інжиніринг (енергоаудит, енергомоніторинг, сертифікація будівель) | Зменшення часу на розробку проекту, мінімізація «людського фактору» (коректність розрахунків), зменшення собівартості розробки. |
| | 2. Проектування | |
| | 3. Виробники та постачальники інженерного обладнання (енергоефективних проектів) | Можливість інтеграції програмного забезпечення у власні системи, підвищення енергоефективності функціонування обладнання. |
| | 4. Кінцевий споживач | Наданий аналіз програмним продуктом для побутового споживача, надасть детально отримувати аналіз затрат і рекомендації по зменшенню споживання енергії, інтеграція в систему SMART HAUS надають можливість до керування споживанням |

| | | |
|--|--|-----------------------------------------------------------------|
| | | електричної енергії конкретним споживачем, протокол FTTP. |
|--|--|-----------------------------------------------------------------|

У зв'язку зі становленням ринку енергоефективного обладнання та прийняттям нової нормативної бази в Україні попит на енергоефективне обладнання, Smart системи та інжинірингові послуги буде тільки зростати. Зважаючи на це, даний напрямок буде потребувати висококваліфікованих спеціалістів та інструментарію. Програмний продукт дозволить швидко та якісно, у зручній формі виконувати громіздку роботу, структурувати її, створить можливість аналізувати споживання будинку, керувати побутовими споживачами, розраховувати питоме споживання будинку, надавати звіт з рекомендаціями, що до підвищення рівня енергетичної ефективності будинку. Впровадження сучасних технологій дозволить максимально автоматизувати процес, та, водночас, зробити його більш контрольованим з боку як виконавця, так і замовника.

Основними пріоритетами розробки стартап-проекту є простота, швидкість та зручність роботи в інтерфейсі програмного забезпечення створить ряд переваг перед конкурентами на цьому ринку. Водночас ціллю створення такого інструменту є кінцевий результат, що має формуватися у зручній та доступній формі для цілей енергоаудиту та у встановленій формі. З огляду на це, програмний продукт передбачає створення звіту відповідно реального споживання електроенергії в житловому будинку. Як показав аналіз, що був проведений у першому розділі магістерської дисертації, важливим є дослідження поточного стану будинку, його базового споживання, визначення класів енергетичної ефективності побутової техніки.

Визначення попереднього кола конкурентів (проектів конкурентів) або товарів замінників чи товарів аналогів, що вже існують на ринку, дає можливість проаналізувати інформації щодо значень технікоекономічних показників для ідеї

власного проекту та проектів конкурентів відповідно до визначеного нище переліку в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Визначення сильних та слабких характеристик ідеї проекту

| Техні ко- економі чні характер истики ідеї | товари/концепції конкурентів | | | слабка сторона | сильна сторона |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| | Мій проект | Конкур ент Ecoisme | Конкуре нт Mirubee | | |
| Багат оканаль ність | Аналіз електрчної та теплової енергії | Аналіз електричн ої енергії | Аналіз електрично ї енергії | Потребує додаткових інвестицій у розробці ПЗ | ПЗ буде біль конкурентни м |
| Адап тивність | В будь- яку підсистем у | Робота лише з власними лічильник ами. | Робота з власними лічильника ми, передачі даних в інші системи | Можливі перебої у роботі ПЗ, у зв'язку з різними протоколом и передпчі даних | Комуніка ція з різними виробникам и обладнання |

| | | | | | |
|------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Функціональність | Базовий рівень, споживання, звіт, заходи з е.е., керування споживачами | Аналіз даних, добові графіки, класифікація споживачі, інформування про ПЯЕЕ | Збір та обробка даних, аналіз споживання побутовим споживачами електричної енергії | Можливий брак інформації, точність вимірювання даних, потребує більше часу для обробки даних | Клієнт має змогу отримати більш функціоналу керування інженерними системами в режимі онлайн |
|------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|

Визначений перелік слабких та сильних характеристик, властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

4.3 Технологічний аудит ідеї проекту

Розглянемо можливість технологічної реалізації проекту у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

| Ідея проекту | Технології її реалізації | Наявність технологій | Доступність технологій |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------|------------------------|
| 1 Програмне забезпечення для керування | Реалізація через мобільну платформу Android, iOS | Наявна технологія | Доступна |
| 2 та аналізу споживання | Реалізація через Web платформу, TCP-IP, API | Наявна технологія | Доступна |

| | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------|----------------------|----------|
| 3 | енергоресурсів | Реалізація через супутнє програмне забезпечення | Наявна технологія | Доступна |
| Обрана технологія реалізації ідеї проекту | | | | |
| Усі з описаних технологій наявні та доступні розробникам, що робить можливим реалізацію проекту. Обирається технологія реалізації через мобільну платформу Android та iOS, та Web платформу за допомогою протоколів TCP-IP, API (Даний варіант дозволить реалізувати етапи виконання збору, обробки та виведення даних в одному інтерфейсі. Відповідно це позбавить залежності від настільних пристроїв та стороннього програмного забезпечення. | | | | |

4.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів. Для впровадження програмного забезпечення необхідно розуміти можливості та загрози входження на ринок, спланувати розвиток та розробити стратегію відповідно до пропозицій конкурентів.

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

| п/п | Показники стану ринку (найменування) | Характеристика |
|-----|-----------------------------------------|----------------|
| 1 | Кількість головних гравців, од | 3 |
| 2 | Загальний обсяг продаж, грн/ум.од | 6351,2 |

| | | |
|---|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Динаміка ринку (якісна оцінка) | Зростає |
| 4 | Наявність обмежень для входу (характер) | Вузьконаправленість |
| 5 | Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації | Технічний регламент на радіовипромінювання, використання стандартизованих методик розрахунку |
| 6 | Середня норма рентабельності в галузі, % | 30 % |

Порівняння середньої норми рентабельності в галузі з обліковою ставкою Національного банку України (відсотком на вкладення), що складає 18% у національній валюті, свідчить, що проект є фінансово привабливим для інвестування.

Розглянемо потенційних клієнтів та зведемо до таблиці дані аналізу.

Надалі визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи споживачів.

Таблиця 4.4 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

| Група /п | Потреба, що формує ринок | Цільова аудиторія (сегменти ринку) | Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів | Вимоги споживачів до товару |
|----------|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1 | Оцінка енергоспоживання | Інжиніринг, енергетичний аудит | Нормативні документи, стандарти. | Формування звіту за конкретні періоди, простий |

| | | | | |
|---|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | об'єктів | | | інтерфейс, висока якість та точність розрахунку, |
| 2 | Реалізація проектів | Постачальник и матеріалів, підрядні організації | Сертифікація обладнання | відповідність методикам та нормативним документ |
| 3 | Зменшити споживання енергії | Кінцеві споживач, житлові приватні будинки | Потреба у зменшенні платіжок, бути енергонезалежним | Керування споживанням, звітування, аналіз графіків споживання, перелік заходів для підвищення енергетичної ефективності функціонування приватного будинку |

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища та факторів, що можуть сприяти та перешкоджати впровадженню та реалізації проекту. Складемо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають в таблицях 4.5-4.6. При цьому фактори в таблиці подані в порядку зменшення їх значущості.

Таблиця 4.5 – Фактори загроз

| п/п | Фактор | Зміст загрози | Можлива реакція компанії |
|-----|--------|---------------|--------------------------|
|-----|--------|---------------|--------------------------|

| | | | |
|---|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Кваліфікація ПЗ | Користування продуктом передбачає наявну підготовку у сфері енергоефективності | Проведення навчань, семінарів, надання технічної підтримки від сторонніх розробників, розроблення методолгії |
| 2 | Помірна конкуренція | Конкурування та оновлення програмного забезпечення | Порівняння, розрахунок з аналогічними ПЗ та визначення привабливішої ціни, постійний розвиток продукту та його удосконалення |
| 3 | Особливі вимоги | Уніфікація кожного об'єкту | Розробка звіту з урахуванням особливостей будинку |

Таблиця 4.6 – Фактори можливостей

| П/п | Фактор | Зміст можливості | Можлива реакція компанії |
|-----|---------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Потреба ринку в даному ПЗ | Наразі на ринку не представлено комплексного продукту | Опитування клієнтів, чого б вони хотіли бачити у ПЗ, впровадження у продукт |
| 2 | Верифікація проекту | Верифікація досягнутого рівня енергетичної ефективності | Оцінка стану функціонування після інтеграції ПЗ та його роботи на об'єкті |
| 3 | Іноземні | Іноземні фонди | Співпраця з іноземними |

| | | | |
|--|------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|
| | інвестиції | зацікавлені у розвитку національного ринку | фондами, адаптація під умови та норми |
|--|------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|

Проаналізувавши можливі загрози та можливості для входу на ринок, можна стверджувати, що станом на сьогодні досить сприятливі умови для розвитку стартап-проекту та залучення інвестицій. Для розгляду більш детальної картини умов перебування продукту на ринку необхідно проаналізуємо умови конкуренції.

Таблиця 4.7 – Аналіз конкуренції в галузі за М.Портером

| Складові аналізу | | Висновки |
|---------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Прямі конкуренти в галузі | Ecoisme Mirubee | Продукти мають іміджеву складову та наразі є єдиними конкурентами на ринку. За рахунок адаптації до своїх клієнтів, сервісної підтримки та нижчої ціни реалізації можна підтвердити невисоку інтенсивність конкуренції між даними продуктами. |
| Потенційні конкуренти | Mirubee | Продукт має іміджеву перевагу, проте не створює перешкод для входу на ринок через те що має одноканальність вимірві та розрахунків, тільки електричної енергії. |
| Постачальники | Відсутні | - |
| Клієнти | Спеціалісти галузі | Кінцеві споживачі наразі не диктують умови роботи на ринку |

| | | |
|------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Товари-замінники | Індивідуальний розрахунок | Товари-замінники не мають значного впливу для створення перешкод входу на ринок |
|------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|

Проаналізувавши наведену таблицю можна зробити висновок, що основні загрози на ринку для стартапу-проекту – іміджеві переваги продуктів конкурентів. Адаптація до вимогів клієнтів, постійна онлайн підтримка, розширений функціонал роботи з електричною та тепловою енергією та робота з іноземними фондами, дозволить продукту бути конкурентоспроможним на ринку.

Визначаємо та обґрунтовуємо перелік факторів конкурентоспроможності, та вносимо до таблиці 4.8

Таблиця 4.8 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

| п/п | Фактор конкурентоспроможності | Обґрунтування |
|-----|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Мобільність ПЗ | Android,iOS та Web платформа дозволить використовувати продукт ефективно, на всіх етапах роботи на об'єкті |
| 2 | Адаптація ПЗ | ПЗ, методи розрахунку базуватиметься на сучасній державній та європейській нормативній документації |
| 3 | Універсальність | ПЗ підтримує, всі сторонні лічильники, за допомогою яких збираються та аналізуються вихідні дані для розрахунку та аналізу. |
| 4 | Простота інтерфейсу | Вигляд виводу даних є простим та інформативним, для будь-якого клієнту |
| 5 | Зручність | Сучасні інтерфейс та платформа, оновлення |

| | | |
|---|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | продукту дозволять зробити його максимально зручним для кінцевого споживача |
| 6 | Якість | Розробка програмного забезпечення у співпраці з практикуючими спеціалістами в сфері енергетичної ефективності, дозволить реалізувати у продукт найкращі напрацювання з світової практики. |

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) стрін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) представлено в таблиці 4.9 на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін.

Таблиця 4.9 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

| <u>Сильні сторони:</u> | <u>Слабкі сторони:</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Унікальність проекту 2. Проста інтеграція до існуючих сис-м 3. Постійне оновлення, самоосвіта ПЗ 4. MOD BUS, API, TCPIP –данні протоколи дають можливість вивантажувати дані з серверів ПЗ та передавати стороннім ПЗ | 1. Невизначеність в остаточній рекомендованій роздрібній ціні 2. Висока потреба в залученні серверів 3. Необхідність у стандартизації та повірці приладів обліку |
| <u>Можливості:</u> | <u>Загрози:</u> |
| 1. Вихід на новий ринок сервісного та технічного забезпечення | 1. Невизначеність станів економіки 2. Введення військового положення в |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 2. Підвищення рівня енергетичної ефективності житлових будинків | Україні |
| 3. Представлення претензій ЕПО за неякісну електричну енергію та отримання компенсації від ЕПО. | 3. Перебої в роботі серверного обладнання |
| | 4. Похибки у вимірюваннях первинними лічильниками |

4.5 Розроблення ринкової стратегії проекту

Для виведення продукту на ринок необхідно розуміти цільову групу споживачів та їх особливості. Це допоможе адаптувати продукт під модель ринку та визначити можливі стратегії просування проекту.

Таблиця 4.10 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

| Ідентифікатор /п | Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів | Готовність споживачів сприйняти продукт | Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту) | Інтенсивність конкуренції в сегменті | Простота входу у сегмент |
|------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| 1 | Інжинірингові послуги | Висока | Високий | Слабка | Низька складність |
| 2 | Проектувальник | Середня | Середній | Середня | Середня складність |
| 3 | Постачальники е.е. продукції | Висока | Середній | Слабка | Середня складність |
| 4 | Енергоменеджмент | Середня | Слабкий | Середня | Досить складно |

| | | | | | |
|--|----------------------|---------|---------|-----------|----------------------|
| | Кінцеві споживачі | Середня | Слабкий | Відсутній | Низька складність |
|--|----------------------|---------|---------|-----------|----------------------|

Обираємо за цільові групи споживачів потенційних клієнтів, що мають суттєвий попит та мають сприятливі умови для виходу на ринок, а саме: інжиніринг постачальники є.е. продукції, кінцеві споживачі. У цьому випадку необхідно окремо розробити програму ринкового впливу та використовувати стратегію диференційованого маркетингу.

Таблиця 4.11 – Визначення базової стратегії розвитку

| Обрана альтернатива розвитку проекту | Стратегія охоплення ринку | Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи | Базова стратегія розвитку |
|-----------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Кілька сегментів | Диференційова ний маркетинг | Мобільність, адаптивність, гнучкість та ін. | Стратегія диференціації |

Обрана базова стратегія диференціації передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмінних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів. Така відмінність може базуватися на об'єктивних або суб'єктивних, відчутних і невідчутних властивостях товару (у ширшому розумінні – комплексі маркетингу), бути реальною та уявною.

Таблиця 4.12 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

| Чи є проект «першопроходьцем» на ринку? | Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати | Чи буде компанія копіювати основні | Стратегія конкурентної поведінки |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|

| | | | |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| | існуючих у конкурентів? | характеристики товару конкурента, і які? | |
| Продукт має аналоги конкурентів | Стратегія будуватиметься з розрахунком на обох варіантах | Проект передбачає технології збор даних за допомогою лічильників | Стратегія виклику лідера (флангова атака) |

Оскільки продукт не є новаторським та має аналогі на ринку, що мають схоже призначення, обирається базова стратегія конкурентної поведінки виклику лідера. Оскільки основний акцент буде робитися на значних перевагах продукту, доцільно реалізовувати стратегію, що передбачає атаку на слабкі сторони лідируючої компанії. Такими визначаються: функціональні особливості, ринкова ціна, собівартість та сервісна підтримка. Даний напрям дозволить зайняти певну ринкову частку компанії лідера.

На основі попереднього аналізу та обраних стратегій визначимо стратегію позиціонування.

Таблиця 4.13 – Визначення стратегії позиціонування.

| | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Вимоги до товару цільової аудиторії | Базова стратегія розвитку | Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап проекту | Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових) |
| Керування споживачами, | Стратегія диференціації | Мобільність, функціональність, | Мобільність, функціональність, |

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------|-----------|
| формування звіту, простий інтерфейс ПЗ, якість розрахунку, що відповідає нормам. | | адаптивність, комплексність, гнучкість, зручність, якість | зручність |
|----------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------|-----------|

За результатом визначення стратегії позиціонування надаємо узгоджену систему рішень поведінки проекту на ринку, ключовими з яких є: стратегія диференціації з впровадженням у проект значних конкурентних переваг, стратегія виклику лідера з акцентом на слабких сторонах проекту-конкурента та акцент на основних перевагах власного продукту з формуванням асоціацій по частині мобільності програмного продукту, його функціональності та зручності.

4.6 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

За результатами попереднього аналізу та обраних стратегій формуємо маркетингову концепцію проекту.

Таблиця 4.14 – Визначення ключових переваг концепції потенційного то

| Потреба | Вигода, яку пропонує товар | Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити) |
|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Керуванням споживання, збір даних, | Автоматизація процесів керування | Керування активними споживачами електричної та теплової енергії в приватних будинках, аналіз споживання, формування звітів з формуванням |

| | | | |
|--|-------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | аналіз, технічний розрахунок, формування звітів | споживанням | конкретних дій що підвищують енергетичну ефективність. Адаптація програмного забезпечення для різних житлових будинків. Сповіщення про перевищення базового рівня споживання енергії |
|--|-------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

З визначення ключових конкурентних переваг продукту розглянемо трирівневу маркетингову модель, що включатиме основні характеристики проекту.

Таблиця 4.15 – Опис трьох рівнів моделі товару.

| Рівні товару | Сутність та складові | | | |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------|-----------------|
| I. Товар за задумом | Керування споживанням, збір даних, аналіз, технічний розрахунок, формування звітів. | | | |
| II. Товар у реальному виконанні | М/п/п | Властивості/ характеристики | М/Нм* | Вр/Тх /Тл/Е/Ор* |
| | 1 | Зручний інтерфейс | Нм | Е |
| | 2 | Робота в одному продукті | Нм | Тх/Е |
| | 3 | Керування споживанням | Нм | Тх/Е |
| | 4 | Формування звітів | Нм | Вр/Тх |
| | 5 | Постійне оновлення ПЗ | Нм | Вр/Тх |

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| | Відповідає ЗУ «Про енергетичну ефективність будівель» від 22.06.2017 | |
| | Пакування: Програмне забезпечення, власний акаунт користувача, технічна підтримка та оновлення. | |
| III. Товар із підкріпленням | До продажу | Придбання корпоративних ліцензій за зниженою ціною |
| | Після продажу | Консультація та технічна підтримка |
| За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Реєстрація проимислового зразка, реєстрація патенту та ТМ. Програмний продукт буде розповсюджуватися у вільному доступі. Обмеження будуть включені при реєстрації конкретного користувача під час авторизації програмного забезпечення, що потребуватиме унікального серійного номеру, ліцензійного ключа та паролю, який користувач отримує при реєстрації та оплаті ліцензії. | | |

*М/Нм – монотонні/немонотонні; Вр/Тх/Тл/Е/Ор – вартісні/ технічні/ технологічні/ ергономічні/ органолептичні.

Для визначення цінових меж кінцевого продукту проаналізуємо ціноутворення конкурентних компаній, рівень доходів цільової групи та встановимо верхню та нижню межу вартості.

Таблиця 4.16 – Визначення меж встановлення ціни.

| Рівень цін на товари замітники | Рівень цін на товари аналоги | Рівень доходів цільової групи споживачів | Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 7000 грн. | 3500 | 25 000 грн. | 6000-1000 грн |

Наступним етапом після встановлення меж на реалізацію програмного продукту є визначення системи збуту. Збут продукції є одним з основних етапів маркетингу.

Таблиця 4.17 – Формування системи збуту

| Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів | Функції збуту, які має виконувати постачальник товару | Глибина каналу збуту | Оптимальна система збуту |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Купівля програмного продукту після попередньої комерційної пропозиції | Стимулювання, встановлення контактів, проведення переговорів та зустрічей з клієнтами | Значна (канал нульового рівня та однорівневі канали) | Пряма та традиційна система збуту |

На основі ключових факторів формування системи збуту впровадимо зазначену інформацію для отримання концепції маркетингових комунікацій постачальника зі споживачем.

Таблиця 4.18 – Концепція маркетингових комунікацій

| № п/п | Специфіка поведінки цільових клієнтів | Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти | Ключові позиції, обрані для позиціонування | Завдання рекламного повідомлення | Концепція рекламного звернення |
|-------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 1 | Перевага товару, що має вищу | Показ функціональних можливостей | Гнучке створення звітів, пакет | Ілюстрація технічних переваг | Демонстрація можливостей , |

| | | | | | |
|---|----------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| | якість | | послуг, стандартизація | комплексного ПЗ | зацікавлення |
| 2 | Задоволення потреб більш ефективним способом | Клієнто- орієнтованість | Інтерфейс, функціонал, стандартизація | Діалог з клієнтом | Визначення потреб та максимальне їх задоволення |

Висновки по розділу 4

Підсумовуючи проведену роботу над розробкою стартап проекту програмного забезпечення слід зазначити, що наразі на ринку є можливість комерціалізувати проект, оскільки наявний досить високий попит на продукцію та сприятливі умови для входу на ринок, зважаючи на низьку конкуренцію та високу рентабельність. З боку іноземних фондів та капіталів присутня висока зацікавленість до напрямку розробки програмного забезпечення, оскільки в Україні висока динаміка зростання ринку енергозбереження та енергоефективних технологій. Аналізуючи потенційні групи клієнтів, ризики та можливості входу на ринок зазначаємо, що комерціалізація проекту та залучення інвестицій при побудові якісного функціоналу підтримки проекту, відповідності термінам та задачам, є досить імовірною.